

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach  
WYDZIAŁ PRZYRODNICZY

Michał Tartanus

**Wpływ grzybów mikoryzowych i supersorbentów na wzrost i plonowanie  
papryki (*Capsicum annuum* L.)**

Rozprawa doktorska

wykonana w Katedrze Warzywnictwa

Promotor:

dr hab. Jolanta Franczuk

Siedlce 2017

Składam serdeczne podziękowania  
Pani dr hab. Jolancie Franczuk prof. nzw. UPH  
za opiekę naukową,  
wszelkie wskazówki i pomoc merytoryczną,  
nieocenioną motywację i życzliwość.

## Spis treści

1. Wstęp i cel pracy .....	5
2. Przegląd literatury .....	8
3. Metody i materiał badawczy .....	20
3.1. Zakres i metody badań .....	20
3.2. Obserwacje, pomiary i obliczenia .....	22
3.3. Materiał badawczy .....	23
4. Charakterystyka warunków doświadczenia .....	25
5. Wyniki badań.....	29
5.1. Wzrost i rozwój papryki.....	29
5.1.1. Wysokość roślin.....	29
5.1.2. Średnica łodygi .....	29
5.1.3. Masa części nadziemnej.....	30
5.1.4. Masa systemu korzeniowego .....	31
5.1.5. Indeks zazielenienia liści (SPAD) .....	32
5.2. Plonowanie papryki.....	32
5.2.1. Plon ogółem .....	32
5.2.2. Plon handlowy owoców .....	33
5.3. Cechy biometryczne owoców .....	34
5.3.1. Wysokość owoców .....	34
5.3.2. Grubość perykarpu.....	35
5.4. Wybrane elementy wartości odżywczej papryki.....	35
5.4.1. Zawartość suchej masy .....	35

5.4.2.	Zawartość białka .....	36
5.4.3.	Zawartość cukrów ogółem.....	36
5.4.4.	Zawartość cukrów redukujących .....	37
5.4.5.	Zawartość kwasu L-askorbinowego .....	37
5.4.6.	Zawartość polifenoli .....	38
5.4.7.	Kwasowość owoców.....	38
5.4.8.	Zawartość składników mineralnych .....	39
5.4.8.1.	Zawartość fosforu .....	39
5.4.8.2.	Zawartość potasu .....	39
5.4.8.3.	Zawartość wapnia .....	40
5.4.8.4.	Zawartość żelaza .....	40
5.4.8.5.	Zawartość sodu .....	41
5.4.8.6.	Zawartość magnezu .....	41
5.4.8.7.	Zawartość cynku.....	42
6.	Dyskusja .....	43
7.	Wnioski.....	50
8.	Piśmiennictwo .....	52
	Tabele.....	65

## 1. Wstęp i cel pracy

W literaturze agrotechnicznej coraz częściej spotykamy się z naukowymi rozważaniami dotyczącymi degradacji środowiska naturalnego wywołanej powszechnie stosowaną chemizacją rolnictwa. W związku z negatywnymi skutkami stosowania chemicznych preparatów w produkcji rolniczej coraz częściej propaguje się bezpieczniejsze środki naturalne. Wielu naukowców (Dahm i in. 2010, Lipa i Pruszyński 2010, Martyniuk 2010, Tomalak i in. 2010, Vessey 2003) wskazuje na dużą skuteczność biologicznych środków wspomagających produkcję rolniczą. Istotna jest również poprawa efektywności już poznanych biologicznych środków do produkcji rolniczej. Jedną z możliwości zastąpienia środków chemicznych jest stosowanie preparatów mikrobiologicznych będących ich naturalnymi zamiennikami. Preparaty mikrobiologiczne produkowane są z odpowiednio dobranych mikroorganizmów powszechnie występujących w środowisku naturalnym. Przygotowanie preparatu mikrobiologicznego o wysokiej jakości jest procesem niezwykle trudnym i wieloetapowym, czego dowodzi w swoich badaniach Martyniuk (2010). Najszerzej poznanymi preparatami z tej grupy znajdującymi zastosowanie w produkcji rolniczej, są preparaty zawierające Efektywne Mikroorganizmy, grzyby z rodzaju *Trichoderma*, szczepionki wiążące azot atmosferyczny oraz szczepionki zawierające grzyby mikoryzowe (Kosicka i in. 2015).

Schemat działania biopreparatów jest odmienny od działania środków chemicznych. Szczepionki zawierające bakterie wiążące azot atmosferyczny przyczyniają się do lepszego zaopatrzenia roślin w ten pierwiastek, a dzięki temu do szybszego wzrostu (Kalińskiewicz i Kępczyńska 2008, Patten i Glick 2002, Penrose i Glick 2003). Symbioza roślin motylkowych z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny korzystnie oddziałuje na środowisko przyrodnicze przyczyniając się do ograniczenia stosowania azotu mineralnego (Hatano i Lipiec 2004). Preparaty zawierające grzyby z rodzaju *Trichoderma* wpływają na zdrowotność roślin. *Trichoderma* to powszechnie występujące w środowisku glebowym organizmy antagonistyczne w stosunku do *Fusarium solani* (Ebtsam i in. 2009). Mają zdolność do produkcji antybiotyków oraz oddziałują pasożytniczo w stosunku do patogenów roślinnych (Howell 2003).

Zdania na temat oddziaływania Efektywnych Mikroorganizmów na rośliny uprawne są podzielone. Korzystny wpływ opisują Siqueira i in. (1993), Iwaishi (2001),

Bolińska (2005), Gajda i Igras (2003), Majchrzak i in. (2005), Mastouri i in. (2010) oraz Stępnowska i in. (2014). Badacze stwierdzają wzrost aktywności biologicznej gleby oraz ograniczenie procesów gnilnych, wzrost przyswajalności związków trudno dostępnych dla roślin, poprawę jakości plonów roślin, zwiększenie efektu bio- i fotosyntezy oraz zahamowanie rozwoju patogenów pod wpływem Efektywnych Mikroorganizmów. W literaturze przedmiotu są również doniesienia, które nie potwierdzają pozytywnego działania Efektywnych Mikroorganizmów w uprawie roślin (Sulewska i Ptaszyńska 2005, Okorski i Majchrzak 2008, Martyniuk i Książek 2011).

Grzyby mikoryzowe zwiększając powierzchnię chłonną systemu korzeniowego powodują lepsze zaopatrzenie roślin w wodę i składniki mineralne. Efektem takiego działania grzybów mikoryzowych jest poprawa plonowania roślin uprawnych (Candido i in. 2013, Borowy i in. 2015). Stosowanie szczepionek mikoryzowych zwiększa tolerancję roślin na trudne warunki uprawowe łagodząc skutki występowania czynników stresowych. Grzyby mikoryzowe działają na rośliny biostymulująco (Xavier i Boyetchko 2002) oraz pełnią również funkcję ochronną przed patogenami *Verticillium*, *Fusarium*, *Phytophthora* (Perrin 1990). Biorą udział w procesie tworzenia agregatów glebowych poprawiając tym samym strukturę gleby. Przyczyniają się również do zwiększenia różnorodności mikroflory glebowej.

Jednym z czynników decydujących o aktywności biologicznej gleby lub podłoża uprawowego są właściwe stosunki powietrzno-wodne. Preparatem oddziałującym korzystnie na właściwości powietrzno-wodne gleby bądź podłoża uprawowego jest supersorbent. Główną zaletą supersorbentu jest zwiększenie pojemności wodnej środowiska, w którym rozwija się system korzeniowy roślin. Absorbuje on nadmiar wody podczas intensywnych opadów deszczu bądź nawadniania roślin, a przez to ogranicza spływ powierzchniowy. Zapobiega również utracie wody w wyniku jej przesiąkania do głębszych warstw gleby. W granulach supersorbentu, wraz z wodą, deponowane są składniki mineralne, które dłużej pozostają w zasięgu systemu korzeniowego i są lepiej wykorzystywane przez rośliny. Duże możliwości retencyjne granul przyczyniają się również do utrzymywania stałej ilości wody w roztworze glebowym. Korzystny wpływ supersorbentu na wzrost i plonowanie roślin stwierdzili Breś (2006), Kosterna i in. (2011), Faligowska i Szukała (2014), Zawieja i in. (2015).

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu inokulacji systemu korzeniowego arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi oraz dodatku do podłoża

uprawowego supersorbentu na wzrost i rozwój roślin, wielkość i jakość plonu oraz wybrane elementy wartości odżywczej owoców papryki słodkiej wielkoowocowej odmiany 'Traviatta'.

## 2. Przegląd literatury

Uzyskiwanie wysokiej jakości plonów przy jednoczesnym zachowaniu równowagi biologicznej ekosystemów to problem, dla rozwiązania którego na całym świecie podejmowane są działania związane ze strategią zrównoważonego rozwoju rolnictwa (Sas-Paszt i in. 2010).

Postępująca degradacja środowiska, która jest skutkiem stosowania w uprawie roślin nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony, spowodowała potrzebę wprowadzania alternatywnych metod ochrony. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi Dz. U. 2013 poz. 505 z dnia 18 kwietnia 2013 r. w Polsce od 1 stycznia 2014 r. obowiązuje integrowana ochrona roślin. Nowo przyjęty system produkcji skupia się na wprowadzeniu wszystkich dostępnych działań i niechemicznych metod ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi. Ochrona przed agrofagami powinna być wykonywana z zastosowaniem zrównoważonych metod biologicznych, fizycznych i innych niechemicznych (Pruszyński i in. 2012, Kosicka i in. 2015). Ilość występujących organizmów szkodliwych powinna być limitowana przez prawidłową agrotechnikę tj.: stosowanie płodozmianu, zachowanie terminów siewu lub sadzenia, właściwą obsadę roślin itp. Istotną rolę odgrywa stosowanie odmian odpornych lub tolerancyjnych w stosunku do organizmów szkodliwych oraz wykorzystywanie materiału siewnego wysokiej jakości. Kolejnym elementem jest stosowanie zabiegów agrotechnicznych w tym mechanicznej ochrony roślin oraz nawożenia i nawadniania w sposób ograniczający występowanie agrofagów. W integrowanej ochronie roślin liczba zabiegów chemicznych i ilość stosowanych środków powinna być zredukowana do niezbędnego minimum. Właściwy dobór i przemienne stosowanie chemicznych środków ochrony przeciwdziała powstawaniu odporności organizmów patogenicznych oraz minimalizuje ich wpływ na organizmy nie będące celem zabiegu. Integrowana ochrona roślin stwarza warunki sprzyjające występowaniu organizmów pożytecznych w szczególności owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych. Przy obecnym stopniu chemizacji rolnictwa i ogrodnictwa powrót do bardziej naturalnych, a tym samym przyjaznych środowisku metod uprawy jest niezbędny (Kubiak 2008).



Aby ograniczyć zużycie środków ochrony roślin i nawozów pochodzenia chemicznego nieustannie prowadzone są badania, których celem jest rozwój technik uprawy roślin oraz prac hodowlanych nad nowymi odmianami o podwyższonej odporności na czynniki stresowe i lepiej dostosowanych do panujących warunków środowiskowych. Badania prowadzone są również pod kątem ograniczenia występowania patogenów w glebie poprzez stosowanie płodozmianu oraz zapobieganie nadmiernemu zachwaszczeniu dzięki zastosowaniu ściółkowania gleby. Badane są także zmiany aktywności procesów zachodzących w ryzosferze wywołane oddziaływaniem symbiotycznych grzybów mikoryzowych i bakterii ryzosferowych oraz stosowania środków ochrony roślin pochodzenia naturalnego (Sas i in. 2003, Sas-Paszt i in. 2010, Sas-Paszt i Żurawicz 2004, 2005).

Preparaty mikrobiologiczne ograniczające rozwój patogenów stosowane są przede wszystkim w rolnictwie integrowanym i ekologicznym. Dostępne są również biopreparaty w formie szczepionek zawierających bakterie symbiotyczne roślin bobowatych jak i szczepionki stosowane do mikoryzacji sadzonek. Każda z tych szczepionek wykorzystywana jest do stymulowania wzrostu i plonowania roślin uprawnych (Martyniuk 2011).

Wszystkie zmiany zachodzące w organizmach roślinnych wywołane są działaniem czynników endo- i egzogennych. O ile czynniki endogenne takie jak fitohormony, regulatory wzrostu i rozwoju, a także cząsteczki o charakterze sygnałowym tj.: reaktywne formy tlenu, tlenek ozonu i cyjanowodór (Matysiak i Adamczewski 2009, Gniazdowska i in. 2013, Szwejkowska 1997) nieznacznie modyfikują funkcje fizjologiczne zachodzące w roślinach, o tyle czynniki środowiskowe określane jako egzogenne tj.: temperatura, natężenie światła, rodzaj podłoża, dostępność wody i składników mineralnych, promieniowanie UV oraz obecność mikroorganizmów glebowych, decydują o wzroście i rozwoju roślin (Koornneef i in. 2002, Kranner i in. 2010, Gniazdowska i in. 2013, Dąbrowska 2014).

Ważnym elementem rozwoju roślin jest prawidłowo rozwinięty system korzeniowy, który najlepiej funkcjonuje w ryzosferze o dużej aktywności procesów w niej zachodzących (Sas-Paszt i in. 2010). Jednym z takich procesów jest zjawisko mikoryzy.

Odkrycia symbiozy roślin wyższych z grzybami glebowymi dokonał Franciszek Dionizy Kamieński w 1882 roku. Natomiast terminu mikoryza po raz pierwszy użył w 1887 roku niemiecki fitopatolog Albert Bernhard Frank. Termin ten w dosłownym

tłumaczeniu z języka greckiego oznacza „grzybokorzeń” (Górka 2003). W Polsce prekursorami badań nad mikoryzą byli Tadeusz Dominik, twórca klucza do oznaczania mikoryz oraz Jadwiga i Roman Marian Pachlewscy, którzy zapoczątkowali badania nad czystymi kulturami grzybów mikoryzowych (Hilszczańska 1997). Mykologowie zaliczają grzyby mikoryzowe do gatunków tworzących asocjacje biotroficzne, w których tkanki zainfekowane przez grzyba pozostają żywe, a oba organizmy odnoszą wzajemne korzyści. Mikoryza jest zjawiskiem powszechnym i jednocześnie niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania roślin. Współżycie roślin wyższych z grzybami występuje zarówno w środowisku naturalnym jak i u roślin uprawnych. W symbiozie z grzybami żyją zarówno drzewa leśne (ektomikoryza) jak i rośliny zielne (endomikoryza) (Martyniuk 2011).

W przypadku stosowania agrotechniki duża część grzybów mikoryzowych zarodnikuje sezonowo bądź nie zarodnikuje w ogóle. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują również, że mikoryzy utworzone przez niektóre gatunki grzybów są niemożliwe do oznaczenia w używanych do tego celu barwnikach (Morton i Redecker 2001). To może być przyczyną błędnego określenia statusu mikoryzowego i stwierdzenia braku lub rzadkiego współżycia grzybów mikoryzowych z wieloma taksonami roślin (Błaszowski 2004).

Grzyby mikoryzowe są biotrofami. Oznacza to, że tylko okresowo mogą rosnąć bez kontaktu z korzeniami (Borkowska 2004). Symbiotyczne grzyby mikoryzowe kolonizujące korzenie zwiększają dostępność dla roślin składników odżywczych np.: fosforu, azotu i innych makro- i mikroskładników. System korzeniowy zasiedlony przez grzyby mikoryzowe ma większą możliwość pobierania składników pokarmowych zwłaszcza na stanowiskach o mniejszej rozpuszczalności i stężeniu związków mineralnych w glebie (Hawkins i in. 2000, Smith i in. 2003, Bucher 2007). W warunkach niedoboru fosforu roślina prawie całkowicie zawdzięcza pobieranie go grzybni. Dzięki wydzielanym do gleby enzymom grzybnia rozpuszcza niedostępne dla roślin formy fosforu (Joner i Johansen 2000, Rausch i Bucher 2002). Gnekow i Marschner (1989) wykazali, że mikoryza występująca u roślin jabłoni uprawianych na stanowiskach ubogich w fosfor zwiększyła efektywność wykorzystania tego pierwiastka, a na glebach zasobnych w ten składnik ułatwiła pobieranie jonów cynku i miedzi.

Niektóre wyodrębnione z mikoryzy gatunki grzybów zdolne są do produkcji związków giberelinopodobnych, mających wpływ na produkcję cytokininy, która jest inhibitorem

wzrostu roślin (Hilszczańska 1997). Korzystne oddziaływanie grzybów mikoryzowych na rośliny przejawia się we wzroście ilości produkowanego pyłku, w zmianach fenologicznych oraz w sukcesji, która jest związana z konkurencją biologiczną (Błaszowski 2004). Grzyby mikoryzowe podtrzymują dywersyfikację gatunkową zbiorowisk roślinnych tworząc nowe punkty kolonizacji w ryzosferze, budując połączenia między korzeniami blisko rosnących roślin (Simard i Durall 2004, Giovanetti 2008).

Oddziaływanie grzybów endomikoryzowych na roślinę jest podobne do oddziaływania biostymulatorów (Xavier i Boyetchko 2002). Grzyby zwiększają tolerancję roślin na trudne warunki uprawowe związane z występowaniem czynników stresowych, takich jak: zbyt wysokie zasolenie gleby, deficyt lub nadmiar wody, zbyt wysoka lub zbyt niska temperatura, zakwaszenie, zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi oraz obecność patogenicznych grzybów i nicieni (Błaszowski 2004, Głuszek i in. 2008).

Mikoryza przyczynia się do poprawy przepływu wody i składników pokarmowych w środowisku glebowym tym samym poprawia tempo wzrostu roślin. W produkcji roślinnej mikoryza przynosi korzyści gospodarcze wynikające z przyspieszenia wzrostu roślin oraz zwiększenia plonu (Norman i in. 1996, Koide i Mosse 2004, Lekberg i Koide 2005, Gosling i in. 2006).

Perrin (1990) wykazał dodatni wpływ szczepionek mikoryzowych w usuwaniu z gleby drobnoustrojów chorobotwórczych tj.: *Verticillium*, *Fusarium*, *Phytophthora* oraz nicieni, dzięki czemu zwiększa się zdrowotność roślin. Pełni funkcję bioprotektora chroniącego rośliny przed stresami biotycznymi oraz abiotycznymi. Funkcja ochronna związana jest ze zmianą właściwości fizycznych i biologicznych korzeni. Grzybnia zewnętrzna chroni system korzeniowy roślin przed uszkodzeniami mechanicznymi jednocześnie nie dopuszczając do kontaktu z patogenami, pobudza mechanizmy obronne przeciwko patogenom aktywując naturalną odporność roślin. Grzyby mikoryzowe, które są kompatybilne z rośliną wygrywają z grzybami patogenicznymi oraz wirusami czy nawet szkodnikami np. nicieniami, w znacznym stopniu chroniąc rośliny co udowodniło wielu autorów (Azcon-Aguilar i Barea 1996, Cordier i in. 1996, Orlikowski 2004, Selosse i in. 2004). Ponadto mikoryza posiada wiele specyficznych właściwości, dzięki którym w znacznym stopniu ogranicza emisję czynników zanieczyszczających środowisko (Gosling i in. 2006). Estarada-Luna i in. (2000) badając skażenie gleby wywołane odkazaniem chemicznym przy użyciu bromku metylu wykazali że, może być ono zmniejszone lub całkowicie wyeliminowane dzięki zastosowaniu grzybów mikoryzowych.

Efektywność oddziaływania mikoryzy zależy głównie od zdolności grzybów do zwiększenia tolerancji roślin na trudne warunki uprawowe oraz ograniczania występowania stresów biotycznych i abiotycznych (Dodd i in. 1990). Jej skuteczność zależy także od stopnia przystosowania się rodzajów grzybów mikoryzowych do sposobu uprawy gleby i roślin oraz substancji chemicznych stosowanych podczas wegetacji i po zbiorze na stanowiskach uprawianych rolniczo (Błaszkowski 1991, 2004, Jansa i in. 2002, Ciereszko 2005, Hause i Fester 2005).

Funkcjonowanie symbiozy wymaga odpowiednich warunków środowiskowych. Za optymalną wilgotność gleby w której rozwija się mikoryza uznaje się 10 do 15% nasycenia pojemności wodnej. Ważnym czynnikiem jest również odczyn gleby. Grzyby mikoryzowe rozwijają się w środowisku o pH od 4 do 7. Najlepszy rozwój ektomikoryz stwierdzono w podłożu o pH od 5,5 do 6 (Pachlewski 1993, Hilszczańska 1997).

Istnieją dwa typy mikoryzy – ektomikoryza i endomikoryza różniące się od siebie zarówno budową strzępek jak i sposobem kolonizacji korzenia i jego powierzchni. W ektomikoryzie grzybnia tworzy sieć Hartiga wnikając pomiędzy komórki kory pierwotnej korzenia. W tym miejscu następuje wymiana substancji między partnerami symbiozy. Ponadto na powierzchni powstaje gęsty splot grzybni zwany "mufką grzybniową" lub "opilśnią". Grzybnia znajdująca się na zewnątrz korzenia sprawuje tę samą funkcję co włosniki korzeniowe i bierze udział w pobieraniu wody i składników pokarmowych. Ektomikoryza występuje na korzeniach 3 – 5% nago- i okrytozalążkowych roślin drzewiastych (Borkowska 2004, Kliber i Jugowar 2007).

Mikoryza endotroficzna, wewnętrzna, uznana jest za najszerzej rozpowszechnioną, zasiedlającą ponad 80% roślin żyjących na ziemi. Ten typ mikoryzy posiada zdolność penetracji przestrzeni międzykomórkowych jak również wnętrza żywych komórek kory korzenia. Do podstawowych typów mikoryzy endotroficznej należy mikoryza erikoidalna i arbuskularna. Mikoryza erikoidalna jest najmłodszym typem mikoryzy. Formują ją rośliny należące do rodziny *Ericaceae* (*Erica*, *Calluna*, *Rhododendron* i *Vaccinium*). Strzępki tej grzybni wrastają do korzeni i rozrastają się w przestrzeniach międzykomórkowych, lecz nie tworzą arbuskul i wezikul. Brak włosników u tej grupy roślin zastępowany jest grzybnią, która rozrasta się również na zewnątrz korzeni (Hutton i in. 1994). Najbardziej rozpowszechnionym typem mikoryzy jest mikoryza arbuskularna lub pęcherzykowato-arbuskularna (Arbuscular Mycorrhizal Fungi AMF lub Vesicular – Arbuscular VA). Jest to również najstarszy rodzaj mikoryzy. Na podstawie

badan paleobotanicznych można stwierdzić, że grzyby tworzące tę mikoryzę współuczestniczyły wraz z roślinami w zasiedlaniu lądu 350 – 450 mln lat temu (Remy i in. 1994). Szacuje się, że mikoryza arbuskularna jest ewolucyjnie starsza od symbiozy brodawkowej o około 400 mln lat (Tylman i Kowalczyk 2012). Mikoryza arbuskularna występuje nawet u roślin halofilnych, hydrofilnych i kserofilnych oraz u paproci, widłaków i plechowatych wątrobowców tzw. mykoplechy (Bidartondo i Duckett 2010, Pressel i in. 2010). Arbuskularne grzyby mikoryzowe (AGM) można spotkać prawdopodobnie we wszystkich glebach, w których rosną rośliny (Błaszkowski 2003).

Arbuskularne grzyby mikoryzowe to głównie przedstawiciele gromady *Glomeromycota*, rzędu *Glomales*, rodziny *Glomaceae*. Grzyby te rozmnażają się w sposób bezpłciowy przez spory, które częściej wytwarzane są na zewnątrz korzenia, rzadziej w jego korze pierwotnej (Gucwa-Przepióra 2012). Symbiozę tę nazywa się arbuskularną, ponieważ strukturą tworzoną przez grzyby 7 z 8 rodzajów tej gromady są arbuskule (gałązki). Powstają one z krzaczasto rozgałęzionych końców strzępek kielkujących zarodników wrastających do komórek korzeni, gdzie się rozgałęziają. Arbuskule powstają w warstwach kory pierwotnej korzenia. Ich powstawaniu towarzyszy inwaginacja (wpuklenie) plazmolemy partnera roślinnego co powoduje zwiększenie jej powierzchni. Oprócz arbuskul grzyb wytwarza również wezikule. Te kuliste twory zwane również pęcherzykami powstają przez interkalarne lub terminalne nabrzmienie strzępek i mogą tworzyć się międzykomórkowo lub wewnątrzkomórkowo. Znajdują się w zewnętrznych jak i wewnętrznych warstwach kory pierwotnej korzenia. W pęcherzykach gromadzone są substancje zapasowe udostępniane roślinom w krytycznych warunkach (Borkowska 2004, Kowalczyk i Błaszkowski 2005, Gućwa-Przepióra 2012). Wezikule mogą również służyć do kolonizowania korzeni kolejnych roślin przez rozmnażanie i rozprzestrzenianie się tych grzybów (Smith i Read 2008). Grzybnia rozrasta się jednocześnie wewnątrz korzenia oraz na jego powierzchni, a część z niej przerasta do podłoża pełniąc funkcje absorpcyjne oraz poprawia strukturę gleby. Liczba opisanych gatunków AGM wynosi około 160 (Borkowska 2004, Kowalczyk i Błaszkowski 2005).

Arbuskularne grzyby mikoryzowe pobudzają rozwój mikroflory glebowej i zwiększają jej różnorodność przez tworzenie agregatów glebowych i ich stabilizację. Agregaty glebowe, powstają dzięki łączeniu cząsteczek gleby przez sieć zewnątrz-korzeniowej grzybni (Goltapeh i in. 2008). Grzyby arbuskularne przyczyniają się do tworzenia właściwej

struktury gleby oraz korzystnie wpływają na jej odczyn i zasolenie. Ponadto przyspieszają proces mineralizacji materii organicznej i obieg związków organicznych w glebie (Turnau i in. 2002, Rillig i Mummey 2006). Gleba lepiej zatrzymuje związki mineralne, a także ograniczone jest w niej uwstecznianie składników pokarmowych. Właściwa struktura gleby korzystnie wpływa na poprawę gospodarki wodnej oraz przyczynia się do lepszego rozwoju systemu korzeniowego roślin. Pozytywnym skutkiem stosowania AGM jest możliwość ograniczenia nawożenia mineralnego, czego następstwem jest zmniejszenie emisji azotu i podtlenku azotu, który jest jednym z gazów odpowiedzialnych za ocieplanie klimatu. AGM ograniczają również przenikanie azotanów i fosforanów do zbiorników wodnych, dzięki czemu ograniczają ich eutrofizację (Kliber i Jugowar 2007).

Arbuskularne grzyby mikoryzowe przyczyniają się także do ograniczenia wzrostu zawartości dwutlenku węgla w atmosferze. Dostarczają one roślinom łatwo dostępny fosfor oraz pobudzają fotosyntezę. W ten sposób zwiększają pobieranie dwutlenku węgla z atmosfery (Newsham i in. 1995, Fitter i in. 2000, Koide i Mosse 2004, Grimoldi i in. 2006). Dzięki większej ilości związków organicznych transportowanych przez roślinę do korzenia grzyby mikoryzowe szybciej rosną, wychwytyują większą ilość fosforu z gleby, a ten pobierany przez roślinę pobudza jej wzrost. Lepsze odżywienie roślin sprzyja przyrostowi biomasy. Większy rozmiar części nadziemnej sprawia, że roślina zwiększa wiązanie dwutlenku węgla i transportuje większe ilości węgla do korzenia (Kliber i Jugowar 2007). Węgiel nie zostaje jednak w całości wykorzystany przez grzyby. Grzyby dla własnych potrzeb energetycznych przetwarzają węgiel organiczny skumulowany w korzeniach do dwutlenku węgla, który przechodzi do gleby i atmosfery (Staddon i in. 1999, Fitter i in. 2000, Grimoldi i in. 2006). Według Pfeffer i in. (1999) nawet 50% węgla organicznego wytwarzanego przez roślinę w procesie fotosyntezy może być pobierana przez grzyby mikoryzowe żyjące na jej korzeniach.

Aktywność organizmów glebowych, w tym grzybów mikoryzowych jest także ważna w procesie fitoremendiacji. AGM wspomagają procesy fitoekstrakcji i fitostabilizacji w bioremendiacji gleb zdegradowanych przez przemysł i gleb porolnych (Wójcik 2000).

Mikoryza zwiększa możliwości przetrwania roślin w szkodliwych warunkach. Jest to efektem wzrostu dostępności ubogiej puli pierwiastków biogennych w wyniku poprawy struktury gleby. Pozytywnym następstwem tego zjawiska jest zmiana bilansu regulatorów wzrostu i rozwoju, zmniejszenie stresu wywołanego niską zawartością wody,

a także większa odporność na zagrażające patogeny. Konsekwencją tych przemian jest poprawa kondycji fizjologicznej roślin (Gucwa-Przepióra 2012).

Zastosowanie mikoryzy w produkcji roślinnej podnosi jakość i ilość plonu oraz poprawia wzrost i odżywienie roślin. Według Borowego i in. (2015) inokulowane grzybami mikoryzowymi rośliny pomidora wytworzyły owoce o większej kwasowości, odznaczające się większą zawartością składników odżywczych w porównaniu do roślin nieinokulowanych. Również Majkowska-Gadomska i in. (2016) stwierdzili dodatni wpływ szczepionek mikoryzowych na plonowanie i stan odżywienia roślin pomidora określony na podstawie indeksu zazielenienia liści. Stewart i in. (2005) zaobserwowali szybszy o 50% wzrost sadzonek truskawki przygotowanych z roślin matecznych inokulowanych grzybami mikoryzowymi w porównaniu do roślin kontrolnych bez mikoryzy. Grynder i in. (2002) stosując grzyby mikoryzowe oraz bakterie ryzosferowe w rozmnażaniu *in vitro* truskawek zauważyli większe tempo wzrostu roślin, a także wzrost aktywności enzymatycznej strzępek grzybów mikoryzowych penetrujących glebę.

Aby jak najefektywniej wykorzystać wszechstronne oddziaływanie arbuskularnych grzybów mikoryzowych w symbiozie z partnerem roślinnym należy wyselekcjonować gatunki grzybów najlepiej przystosowane do warunków w jakich przebywa ich roślina gospodarz. Genetyczne przystosowanie do takich warunków przejawia się szerokim zakresem rozmieszczenia oraz wysoką stałością występowania grzybów mikoryzowych (Stahl i Christensen 1991).

Ważnym czynnikiem regulującym ilość i jakość plonu jest optymalne zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe. W uprawach polowych są one pobierane z roztworu glebowego, którego ilość i skład są zależne od warunków pogodowych, a w największym stopniu od ilości dostępnej wody. Te czynniki w znacznym stopniu wpływają na efekty produkcyjne.

Papryka jest warzywem o dużych wymaganiach wodnych. Wyniki badań przeprowadzonych we Włoszech wykazały, że do wytworzenia 1 kg owoców roślina zużywa od 58,4 do 76,9 litra wody, a dokładna ilość jest zależna od wilgotności podłoża (Dobrzańska i Dobrzański 2001). Zapotrzebowanie na wodę wzrasta od początku zawiązywania owoców i osiąga maksimum w pełni owocowania. Papryka jest rośliną wrażliwą na stosunki powietrzno-wodne gleby lub podłoża, w którym jest uprawiana. Zalanie podłoża w okresie wzrostu wegetatywnego powoduje zamieranie młodych korzeni, a nadmierne przesuszenie w fazie rozwoju generatywnego skutkuje zrzucaniem kwiatów

i zawiązków. Paprykę należy podlewać często ale małymi porcjami wody (Cebula 2002, 2010).

Pogłębiający się deficyt wody zwiększa problemy związane z prawidłowym jej zagospodarowaniem w produkcji roślinnej. Nieregularne opady atmosferyczne będące podstawowym źródłem wody w glebie przyczyniają się do zmiennej wysokości i jakości plonów (Radzka i in. 2007, Bartnik 2008). Woda utrzymuje właściwe ciśnienie osmotyczne komórek, bierze udział w transporcie składników mineralnych, w procesie fotosyntezy oraz procesach biochemicznych powodujących wzrost biomasy. Woda znajdująca się w glebie nie jest w całości efektywnie wykorzystywana przez rośliny. Część wody jest zbyt silnie związana, aby mogła być pobrana z gleby przez system korzeniowy. Na glebach piaszczystych znaczna część wody jest tracona w skutek przenikania w głębsze warstwy lub w wyniku ewapotranspiracji (Zawieja i in. 2015). Zwiększające się ryzyko niedostatku wody dostępnej dla roślin powoduje konieczność stosowania nawadniania (Kuchar i Iwański 2011). Stosowanie nawadniania wiąże się z dużymi nakładami inwestycyjnymi. Zmniejszające się zasoby wody powodują wzrost kosztów nawadniania. W niektórych warunkach nawadnianie jest niemożliwe. Aby ograniczać koszty coraz częściej stosuje się bardziej precyzyjne i oszczędne systemy nawadniania oraz łączy się je z innymi metodami zapewniającymi optymalną wilgotność gleby lub podłoża. Okresowy niedostatek wody będący przyczyną wahań wilgotności gleby skłania do poszukiwania metod agrotechnicznych poprawiających właściwości sorpcyjne gleby. Rozwiązaniem tego problemu mogą być supersorbenty. W literaturze określa się je również jako hydrożele, agrożele, syntetyczne polimery żelowe czy polimerowe dodatki doglebowe (Paluszek 2003, Bartnik 2008).

Supersorbenty są to luźno usieciowane polimery hydrofilne, charakteryzujące się możliwością absorbowania dużych ilości wody (Junping i in. 2006). Początek lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku to czas rozwoju produkcji polimerów mających zdolności pochłaniania wody.

Od kilku dekad, ze względu na swoje właściwości, supersorbenty wykorzystywane są w uprawach bezglebowych (Abd El-Rehim i in. 2004). Stosowane w rolnictwie poprawiają właściwości gleb suchych i przepuszczalnych. Opracowano również rozwiązania i opisano próby ich wykorzystania w poprawie właściwości i stabilizacji gleb pustynnych oraz do rekultywacji nieużytków (Bereś i Kałędowska 1992, Lejcuś i in. 2008). Dodatkowo efekty przyniosło również zastosowanie supersorbentów na



terenach górzystych, gdzie przyczyniły się one do znacznego zmniejszenia erozji. Supersorbenty umożliwiają zazielenianie jałowych wysypisk odpadów, hałd, skarp przy nowo budowanych drogach oraz wszystkich innych miejsc gdzie roślinność została zniszczona w wyniku działalności człowieka. Supersorbenty stosuje się również do otoczkowania nasion, a uwodnioną formą pokrywa korzenie roślin szczególnie wrażliwych na przesuszanie np. podczas przesadzania (Sroka 2004).

Supersorbenty magazynują wodę dzięki czemu zmniejszają stres wodny, na który narażone są rośliny. Stanowią czynnik zatrzymujący składniki nawozowe oraz środki ochrony roślin. Polimerowa budowa spowalnia proces uwalniania pestycydów, herbicydów oraz nawozów ograniczając zanieczyszczenie nimi wód gruntowych i powierzchniowych. Polimerowa sieć uniemożliwia szybkie wypłukanie zaabsorbowanych substancji przez wody z opadów atmosferycznych i pochodzące z systemów nawadniających. Z supersorbentu jednorazowo uwalniana jest niewielka ilość wody z rozpuszczonymi w niej substancjami, które mogą być efektywnie wykorzystane przez roślinę (Sroka 2004). Rośliny mogą w łatwy sposób korzystać z powstałego buforu wilgotności, ponieważ siły jakimi supersorbent wiąże wodę są przeważnie mniejsze niż siła ssąca korzeni. System korzeniowy roślin może wykorzystać 90% wody retencjonowanej w żelu. Supersorbenty raz zastosowane spełniają swoją funkcję przez długi czas. Mają one zdolność wielokrotnego pęcznienia w warunkach o dużej wilgotności oraz kurczenia w momencie, gdy roślina pobiera wodę z żelu. Dzięki tym zdolnościom regulują stosunki powietrzno-wodne w glebie. Rośliny nie cierpią z powodu braku wody oraz nie są zatapiane przy jej nadmiarze. Supersorbenty, przerywając ciągłość mikroporów, ograniczają parowanie, jednocześnie zachowując porowatość gleby. Zapobiega to procesom gnilnym i ma szczególne znaczenie w uprawach na glebach ciężkich (Nowosielski 1996).

Supersorbenty w stanie suchym mają postać zwężonych kłębków. Zbudowane są z łańcuchów, w których znajdują się grupy funkcyjne ulegające podczas kontaktu z wodą solwatacji i dysocjacji. Kationy oddzielają się, a działanie sił elektrostatycznych powoduje odpychanie związanych z łańcuchami polimerów ładunków ujemnych. Proces ten trwa aż do maksymalnego wydłużenia poszczególnych łańcuchów polimeru tworzących przestrzenną sieć, czego efektem jest powstanie żelu (Bereś i Kałędowska 1992). Największe możliwości absorpcji supersorbenty wykazują w stosunku do wody zdemineralizowanej, wówczas wynosi ona nawet 1000 g wody w 1 g suchego proszku

(Hetman i in. 1998). W rolnictwie najczęściej stosuje się supersorbenty o chłonność wody zdemineralizowanej w przedziale 200 – 600 g·g<sup>-1</sup>. Polimery o mniejszej intensywności usieciowania są mniej chłonne, ale bardziej odporne mechanicznie (Dąbrowska i Lejcuś 2012). Mniejsza chłonność podnosi koszty stosowania, ponieważ konieczne jest użycie większych ilości supersorbentów w celu osiągnięcia pożądanego efektu. Zastosowanie do 0,2% dodatku polimerowego podnosi zawartość wody w glebach piaszczystych o 10 – 35%. Stymulowanie wzrostu i zamierzony efekt biologiczny są osiągane już przy wiele niższych dawkach. Dodatek supersorbentu w dawce 50 – 140 kg·ha<sup>-1</sup> powoduje wzrost produktywności gleb piaszczystych równy zastosowaniu 20% (odpowiada to setkom ton) osadów aluwialnych (Sroka 2004).

Kolejnym czynnikiem ograniczającym możliwości absorpcji supersorbentów są związki mineralne. Konsekwencją stosowania nawozów jest zwiększenie ilości stosowanych sorbentów w celu rekompensacji spadku sorpcji (Górecki i Paul 1993). Również wzrost twardości wody obniża zdolność sorpcji. Zawartość w wodzie CaCO<sub>3</sub> na poziomie 180 mg·l<sup>-1</sup> powoduje spadek wchłaniania wody o prawie połowę. Proces sorpcji wody przebiega do stężenia około 700 mg CaCO<sub>3</sub>·l<sup>-1</sup> (Malisz i Kałędkowska 1994).

W rolnictwie najczęściej stosowane są związki na bazie poliakryloamidu, poli(kwasu akrylowego) lub polimetakrylowego i ich pochodnych. Inne makrocząsteczki tj.: usieciowany poli(alkohol winylowy) oraz chemicznie modyfikowane kopolimery na bazie celulozy lub skrobi są stosowane znacznie rzadziej. Wykorzystanie chemicznie modyfikowanych kopolimerów jest ograniczone z powodu ich szybkiej biodegradacji w glebie (Lejcuś i in. 2007).

Wyniki badań przeprowadzonych przez Wierzbicką i Majkowską (2002), oraz Majkowską-Gadomską (2006) wskazują na pozytywny wpływ supersorbentów na zawartość suchej masy, kwasu L-askorbinowego oraz kwasów organicznych w liściach sałaty. Kosterna i in. (2012) wykorzystując AgroHydroGel w uprawie kalarepy stwierdzili wzrost plonowania i wielkości zgrubień. Nie stwierdzili natomiast istotnego wpływu sposobu stosowania AgroHydroGelu na zawartość składników odżywczych w zgrubieniach kalarepy. Jabłońska-Ceglarek i in. (1999) stosując dodatek supersorbentu do podłoża w uprawie papryki odnotowali nieznaczny jego wpływ na zawartość suchej masy i witaminy C w owocach. W badaniach Hayat i Ali (2004) sorbent korzystnie oddziaływał na jakość plonu oraz siłę wzrostu pomidora. Gudarowska i Szewczuk (2009) stwierdzili wpływ supersorbentu na poprawę ukorzeniania się oraz jakości drzewek

brzoskwini. Również Dereń i in. (2010) odnotowali poprawę plonowania i wzrostu wegetatywnego jabłoni odmiany 'Ligol' na podkładce M26 w obiektach z sorbentem, ocenionych na podstawie przyrostów pola powierzchni przekroju poprzecznego pnia. W badaniach z innymi gatunkami wykorzystanie supersorbentu również przyniosło korzystne rezultaty w postaci wyższego plonowania pieczarek w produkcji towarowej (Koc i Szarek 2011) oraz lepszego korzenia się, rozwoju, wzrostu i większej odporności traw na suszę (Sady i Domagała 1994, Breś 2006, Jankowski i in. 2011) oraz w uprawie tytoniu (Kościk i Kowalczyk-Juśko 1998).

W rolnictwie najprostszą metodą stosowania supersorbentów mających postać suchego proszku jest ich rozsypywanie na powierzchni i dokładne wymieszanie z glebą. W USA supersorbenty stosowane są w ten sposób na powierzchni kilkuset tysięcy hektarów upraw, w celu ograniczenia erozji gleb spowodowanych intensywnym nawadnianiem (Lentz i in. 2002). Sojka i in. (1998) stwierdzają jednak, że taki sposób aplikacji zmniejsza parametry wytrzymałościowe gleby ograniczając przepuszczalność, a w ekstremalnych przypadkach uniemożliwiając mechaniczną uprawę.

Supersorbenty mają również pozarolnicze zastosowanie. Wykorzystuje się je w procesie produkcji środków higieny osobistej, w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym oraz w produkcji osłon kabli energetycznych. Również wojsko wykorzystuje supersorbenty do utwardzania rozmokniętych dróg, a nawet kontrolowania pogody. Suchy polimer po rozpyleniu z samolotu nie dopuszcza do opadu deszczu pochłaniając wilgoć z chmur burzowych (Sroka 2004, Bosiacki 2009, Dąbrowska i Lejcuś 2012).

### 3. Metody i materiał badawczy

#### 3.1. Zakres i metody badań

Eksperyment badawczy przeprowadzono w latach 2014 – 2016 na terenie obiektu szklarniowego należącego do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono w szklarni nieogrzewanej, w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Badano wpływ dwóch czynników:

##### I – Mikoryzy

1. kontrola bez mikoryzy (0),
2. mikoryza zastosowana w trakcie przygotowywania rozsady (MpR),
3. mikoryza zastosowana do cylindrów podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe (MwC).

##### II – Supersorbentu

1. kontrola bez dodatku supersorbentu do podłoża,
2. dodatek supersorbentu do podłoża uprawowego.

Liczba kombinacji w doświadczeniu wynosiła 6, a liczba poletek 36.

Paprykę (*Capsicum annuum* L.) uprawiano w cylindrach foliowych o pojemności 8 litrów wypełnionych podłożem warzywnym ‘Aura’ polecanym do uprawy warzyw. Producentem podłoża jest firma Hollas. W każdym roku przed założeniem doświadczenia pobierano próbę podłoża w celu oznaczenia pH, zasolenia i zawartości makroskładników. Analizy chemiczne podłoża wykonano w laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno Rolniczej w Warszawie. Zawartość składników mineralnych w podłożu uzupełniano w celu doprowadzenia ich do poziomu optymalnego dla papryki. Jak podaje Dobrzańska i Dobrzański (2001) w podłożu zawierającym powyżej 7% substancji organicznej prawidłowy wzrost i dobre plonowanie roślin papryki zapewnia zawartość łatwo przyswajalnych składników mineralnych w ilości (w  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ): 100 – 175 N –  $\text{NO}_3$ , 175 – 250 P, 375 – 650 K, 100 – 150 Mg, oraz 2000 Ca. Odczyn podłoża powinien być na poziomie 6 – 7 pH.

W każdym roku prowadzenia badań, w trzeciej dekadzie lutego, do skrzynek wysiewnych wypełnionych podłożem do wysiewu i pikowania 'Aura', również produkowanym przez Hollas, wysiewano nasiona papryki. Gdy siewki miały w pełni rozwinięte liście pikowano je do wielodoniczek. Podczas pikowania ryzosferę części siewek, zgodnie z metodyką badań, poddano inokulacji wodnym roztworem mikoryzy.

Na przełomie pierwszej i drugiej dekady maja – 15 maja 2014 roku, 11 maja 2015 roku i 11 maja 2016 roku przygotowaną rozsadę papryki wysadzano do cylindrów, które ustawiano w szklarni na zagonach w zagęszczeniu 4 szt. $\cdot$ m<sup>-2</sup>. Powierzchnię zagonów wyścielono czarną agrotkaniną. Powierzchnia poletka wynosiła 3 m<sup>2</sup>. Zgodnie ze schematem badań połowę cylindrów wypełniano podłożem, a drugą mieszanką podłoża i supersorbentu. Dodatek supersorbentu wynosił 2 g $\cdot$ dm<sup>-3</sup> podłoża. Również zgodnie ze schematem badań, w trakcie sadzenia rozsady do cylindrów, u części roślin, w obręb systemu korzeniowego wprowadzano grzyby mikoryzowe w formie wodnego roztworu. W okresie wzrostu papryki rośliny systematycznie dokarmiano stosując nawożenie pogłówne: pierwsza dawka po upływie 3 tygodni od posadzenia roślin na miejsce stałe, kolejne dwie w odstępach 2 tygodniowych. Rośliny nawożono nawozem wieloskładnikowy 'Multifoska' w jednorazowej dawce 5 g na cylinder. Paprykę uprawiano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla tego gatunku w uprawie pod osłonami.

W trakcie uprawy papryki wzdłuż rzędów roślin na kilku poziomach rozciągnięto sznurki, które podtrzymywały rośliny. Usunięto pierwszy zawiązany owoc, wyrastający w pierwszym rozwidleniu pędu głównego.

Zabiegi ochrony roślin wykonywano w miarę potrzeby, zgodnie z obowiązującym aktualnie Programem Ochrony Warzyw.

Zbiór papryki rozpoczynano w trzeciej dekadzie sierpnia – 28 sierpnia 2014 roku, 26 sierpnia 2015 roku i 22 sierpnia 2016 roku. Zbiory trwały do początku października. Owoce papryki zbierano ręcznie, sukcesywnie w miarę ich dojrzewania, aż wybarwiły się na kolor czerwony.

### 3.2. Obserwacje, pomiary i obliczenia

Przed rozpoczęciem zbiorów papryki wykonano następujące pomiary:

- wysokość roślin (cm),
- średnica łodygi (mm),
- indeks zazielenienia liści (SPAD).

Oceny wpływu badanych czynników na plonowanie papryki dokonano na podstawie:

- plonu ogółem ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ),
- plonu handlowego ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Indeks zazielenienia liści zmierzono za pomocą aparatu optycznego SPAD 502 (Soil and Plant Analysis Development) firmy Minolta. Pomiar przeprowadzono na losowo wybranych, dobrze wykształconych liściach.

W pełni owocowania roślin (3 zbiór owoców) z każdego poletka pobierano próby owoców papryki w celu dokonania pomiarów biometrycznych i analiz laboratoryjnych.

Zmierzono:

- wysokość owocu (cm),
- grubość perykarpu (mm),

oraz oznaczono zawartość:

- suchej masy w częściach jadalnych owoców (%) – metodą suszarkowo-wagową,
- azotu (% św. m.) – metodą Kiejdahla,
- kwasu L-askorbinowego ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) – metodą Tillmansa,
- cukrów ogółem i cukrów redukujących (% św. m.) – metodą Luffa Schoorla,
- polifenoli ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) – metodą Folina-Ciocalteu,
- kwasowości ogólnej owoców ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w przeliczeniu na kwas cytrynowy – metodą miareczkowania.

Na podstawie oznaczonej zawartości azotu obliczono zawartość białka w częściach jadalnych owoców mnożąc oznaczoną zawartość przez współczynnik przeliczeniowy 6,25.

W owocach papryki oznaczono również zawartość wybranych makro- i mikroelementów: fosforu, potasu, wapnia, żelaza, sodu, magnezu, cynku

(mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.). Oznaczenie wykonano na Spektrometrze Emisyjnym ICP – OES firmy Parkin Elmer Optima 8030.

Po zakończeniu zbiorów owoców określono:

- masę części nadziemnej roślin (g),
- masę systemu korzeniowego (g).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji, odpowiednią dla modelu całkowicie losowego. Istotność różnicy średnich oceniano testem Tukey'a przy poziomie istotności  $p = 0,05$  (Trętowski i Wójcik 1991).

### 3.3. Materiał badawczy

W badaniach wykorzystano endotroficzną pęcherzykowato-arbuskularną mikoryzę grzybów oraz supersorbent zbudowany z usieciowionych polimerów akrylowych.

- Mikoryza arbuskularna

Producentem i dystrybutorem mikoryzy jest firma Mykoflor. Jak wynika z informacji udzielonych przez producenta w skład szczepionki mikoryzowej stosowanej w uprawie papryki wchodzi następujące gatunki grzybów: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus claroideum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora magerita*, *Entrophospora* sp. Grzybnia mikoryzowa hodowana jest na babce lancetowatej (*Plantago lanceolata* L.) w sterylnym podłożu torfowym. W trakcie wegetacji babka zaszczepiana jest sporami czystych kultur, a po zakończonej wegetacji suszona i mielona. Szczepionka ma postać proszku w kolorze brązowym i zawiera rozdrobnione strzępki i spory grzybów ([www.mykoflor.pl](http://www.mykoflor.pl)).

Mikoryzę podczas okresu wegetacyjnego roślin stosuje się tylko raz. Jej wodny roztwór aplikowany był zawsze bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin. W roztworze wodnym strzępki grzybni mikoryzowej widoczne są pod mikroskopem w powiększeniu 100x i wyglądają jak mętna ciecz. Na jedną roślinę przeznacza się około 100 jednostek propagacyjnych.

- Supersorbenty

Supersorbenty są polimerami o dużej chłonności wodnej. Mogą być stosowane w uprawie wszystkich gatunków roślin. Po zaaplikowaniu do gleby bądź podłoża

uprawowego działają nieprzerwanie do pięciu lat. Przez ten czas cykl pochłaniania i oddawania wody może zachodzić kilka tysięcy razy. Supersorbent pochłania wodę z opadów atmosferycznych w tym mgły i powstałej rosy jak również z nawadniania. Poprawia pojemność wodną wszystkich rodzajów gleb, jednakże najlepsze efekty działania widoczne są na glebach lekkich, piaszczystych, przepuszczalnych.

Stosowany w doświadczeniu supersorbent miał postać białego granulatu o frakcji 0,8 – 3,0 mm. Po nasączeniu go wodą uzyskiwano niemal przezroczysty, szklisty żel.

Po upływie dziesięciu lat od wprowadzenia do środowiska glebowego ulega on całkowitemu rozkładowi.

- Papryka

Uprawę papryki w pomieszczeniach zapoczątkowano w Polsce w 1982 roku na terenie gminy Przytyk, a ze względu na opłacalność szybko rozpropagowano ją w gminach ościennych. Ta jednoroczna roślina warzywna stała się jednym z najpopularniejszych warzyw uprawianych w szklarniach i w wysokich tunelach foliowych (Dobrzańska i Dobrzański 2001). W Polsce w 2010 roku paprykę w pomieszczeniach uprawiano w 3204 gospodarstwach na łącznej powierzchni 1516 ha (Powszechny Spis Rolny 2010). Plon papryki przeznaczany jest głównie do bezpośredniego spożycia oraz w niewielkiej mierze dla przetwórstwa. Szacuje się, że roczne spożycie papryki na jednego mieszkańca wynosi około 1 kg (Dobrzańska i Dobrzański 2001).

Materiałem badawczym wykorzystanym w doświadczeniu była papryka odmiany ‘Traviatta’. Duże 3 – 4 komorowe owoce tej odmiany mają kształt regularnego graniastosłupa i przypisane są do typu blocky, odznaczają się intensywnie czerwoną barwą oraz aksamitnym wyglądem. ‘Traviatta’ tworzy wysokie rośliny z silnie rozbudowanym systemem korzeniowym. Jest to typowa odmiana przeznaczona do uprawy w tunelach foliowych i szklarniach. Cechują ją łatwość zbioru wynikająca z niewrastania owoców w rozgałęzienia pędów oraz lekko pękające kolanko. Jest odmianą wysoce odporną na *Verticilium* oraz suchą i mokrą zgniliznę owoców bardzo dobrze wiążącą owoce w czasie upałów ([www.rijkszwaan.pl](http://www.rijkszwaan.pl)).



## 4. Charakterystyka warunków doświadczenia

Eksperyment badawczy przeprowadzono na terenie Ośrodka Szklarniowego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Obiektem w którym prowadzono uprawę była szklarnia nieogrzewana, pokryta płytami z poliwęglanu. Kalenica dwuspadowego dachu znajduje się na wysokości 5 metrów nad poziomem gruntu. Szklarnia ma szerokość 8 m oraz długość 35. Wymiary zapewniają dużą kubaturę obiektu. Szklarnia wyposażona jest w ujęcie wody oraz system wietrzenia szczytowego. Odizolowanie gleby macierzystej od foliowych cylindrów czarną agrowłókniną znacznie ograniczało rozrost chwastów.

Podłożem organicznym zastosowanym w uprawie papryki był odkwaszony torf wysoki o odczynie, według producenta, 5,5 – 6,5 pH i zasoleniu nie większym niż  $2\text{g NaCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Producent podał również, że torf wzbogacono wieloskładnikowym nawozem NPK + Mg (14% – 16% – 18%) + (5%) w dawce  $1\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Przed założeniem doświadczenia podłoże organiczne zawierało średnio (w  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ): 238 N –  $\text{NO}_3$ ; 18 N –  $\text{NH}_4$ ; 70 P; 207 K; 1016 Ca; 158 Mg (tab. 1). W porównaniu do podanych przez Dobrzańską i Dobrzańskiego (2001) optymalnych zawartości makroskładników, podłoże organiczne w którym uprawiano paprykę zawierało podwyższoną ilość azotu, jednak wartość ta nie przekraczała zawartości szkodliwej przyjętej dla tego składnika na poziomie powyżej  $500\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Średnia zawartość fosforu, potasu i wapnia w zastosowanym podłożu była mniejsza od dolnej wartości z przedziału zawartości uznanych za optymalne. Z analizy laboratoryjnej wynikało, że podłoże było zasobne w magnez. Jego średnia zawartość była zbliżona do górnej maksymalnej zalecanej zawartości. Odczyn podłoża wahał się od kwaśnego do lekko kwaśnego i wyniósł średnio (pH w  $\text{H}_2\text{O}$ : 5,42).

Papryka jest warzywem, którego wymagania środowiskowe są wysokie. Zasadniczym czynnikiem decydującym o plonowaniu oraz jakości owoców jest temperatura i usłonecznienie.

Papryka jest rośliną klimatu ciepłego dlatego w okresie wegetacji wymaga wysokiej temperatury. Optymalne temperatury powietrza po posadzeniu roślin na miejsce stałe wynoszą:  $24 - 26^\circ\text{C}$  w dzień słoneczny,  $20 - 22^\circ\text{C}$  w dzień pochmurny i  $16 - 18^\circ\text{C}$

w nocy; natomiast w czasie owocowania: 24 – 28°C w dzień słoneczny, 20 – 24°C w dzień pochmurny i 16 – 20°C w nocy. Spadek temperatury powietrza poniżej 15°C powoduje zahamowanie wzrostu roślin, a jej spadek poniżej 0°C jest zabójczy dla roślin. Górna, graniczna temperatura wzrostu wynosi 35°C. Optymalna temperatura podłoża powinna wynosić 20 – 22°C. Spadek temperatury podłoża poniżej 10°C powoduje ograniczenie możliwości pobierania wody i składników mineralnych przez korzenie, czego rezultatem jest całkowite zahamowanie wzrostu. Zapewnienie wyższej temperatury podłoża zwłaszcza w przypadku papryki uprawianej we wcześniejszych terminach umożliwia uprawa na biologicznie grzejących podkładach np. na belach słomy lub uprawa w cylindrach foliowych (Cebula 2002, 2010, Dobrzańska i Dobrzański 2001).

Obfite kwitnienie i dobre zawiązywanie owoców determinowane jest długością dnia i intensywnością światła. Od momentu pikowania do pojawienia się pierwszych pąków kwiatowych papryka potrzebuje: 10 – 12 godzin naświetlania w ciągu doby oraz 14 – 15 godzin w okresie kwitnienia i owocowania. Przy dniu krótszym niż 8 godzin roślina nie zawiązuje owoców (Cebula 2002, 2010, Dobrzańska i Dobrzański 2001).

Porównując warunki pogodowe w latach badań stwierdzono, że rok 2014 był najchłodniejszy w trzyletnim okresie prowadzenia badań (tab. 2). Suma temperatur powietrza w 2014 roku w okresie wegetacji papryki wyniosła 80,8°C i była o 2,2°C niższa w porównaniu do roku 2015 i o 3,2°C do roku 2016. Po umiarkowanie ciepłym maju (13,7°C) kolejne dwa miesiące przyniosły znaczne wahania temperatury. W okresie prowadzonych badań były to najzimniejszy czerwiec i najcieplejszy lipiec. Średnia temperatura czerwca w roku 2014 była o 1,4°C niższa od średniej wieloletniej dla tego miesiąca, natomiast średnia temperatura lipca (20,5°C) przewyższała średnią wieloletnią o 1,7°C. Średnie temperatury sierpnia i września nie różniły się znacząco od średnich wieloletnich dla tych miesięcy.

W 2015 roku średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji papryki była o 0,7°C wyższa od średniej wieloletniej dla tego okresu. Po zimnym maju (12,3°C) średnie temperatury czerwca i lipca wpisywały się w średnie wieloletnie dla tych miesięcy wynosząc odpowiednio 16,5°C i 18,7°C. Sierpień i wrzesień były ciepłymi miesiącami. Średnie temperatury tych dwóch miesięcy w porównaniu do średnich wieloletnich były wyższe odpowiednio o 3,0°C i 1,4°C.

Najcieplejszym rokiem w czasie prowadzenia badań był rok 2016. Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji papryki wyniosła 16,8°C i była wyższa od średniej

wieloletniej o  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Pierwsze dwa miesiące wegetacji w roku 2016 charakteryzowały się wysoką temperaturą. Średnią temperaturę maja wyniosła  $14,6^{\circ}\text{C}$ . W czerwcu nastąpiło dalsze ocieplenie. Średnia temperatura tego miesiąca była o  $1,7^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej wieloletniej. W lipcu i sierpniu średnie dobowe temperatury powietrza nie odbiegały od obserwowanych temperatur w tym regionie dla tych miesięcy i nie różniły się znacząco od średnich wieloletnich. Średnia temperatura września wyniosła  $14,4^{\circ}\text{C}$  i była wyższa od średniej wieloletniej dla tego miesiąca o  $1,3^{\circ}\text{C}$ .

W latach 2014 – 2016 średnie usłonecznienie w okresie wegetacji papryki było zróżnicowane (tab. 3 i tab. 4). W roku 2014 średnia dobowa ilość godzin ze słońcem wyniosła 7,8. Wynik ten był bardzo zbliżony do średniej wieloletniej. W pozostałych dwóch latach badań tj. w roku 2015 i 2016 średnia dobowa ilość godzin ze słońcem była wyższa od średniej wieloletniej za lata 1990 – 2010 odpowiednio o 0,6 i 0,9.

W roku 2014 średnie usłonecznienie maja wynosiło 7,3 godziny i było niższe o 1,1 godziny od średniej wieloletniej dla tego miesiąca. Jedynie trzecia dekada maja, w której średnie usłonecznienie wyniosło 8,4 godziny, dorównywało średniej za lata 1990 – 2010. Odwrotna sytuacja miała miejsce w czerwcu. W miesiącu tym średnio najwięcej słońca podczas doby było w pierwszej i drugiej dekadzie odpowiednio 8,7 i 8,5 godziny. Mała ilość słonecznych godzin w trzeciej dekadzie spowodowała obniżenie średniego usłonecznienia tego miesiąca i w rezultacie było ono niższe od średniej wieloletniej o 0,7 godziny. W lipcu średnia liczba godzin ze słońcem przewyższała średnią wieloletnią o 0,6 godziny. Największe usłonecznienie równe 10,6 godziny odnotowano w pierwszej dekadzie miesiąca. W sierpniu najmniej godzin ze słońcem (6,2) odnotowano w trzeciej dekadzie. Średnie miesięczne usłonecznienie wyniosło 7,2 godziny i było niższe od średniej wieloletniej o 0,8 godziny. Średnia dobowa ilość godzin ze słońcem we wrześniu była o 2,1 większa od średniej wieloletniej. Najmniejsze usłonecznienie wystąpiło w trzeciej dekadzie września.

W maju 2015 roku średnie dobowe usłonecznienie było bardzo niekorzystne dla wzrostu papryki. Średnia ilość godzin ze słońcem wyniosła 6,4 i była mniejsza od średniej wieloletniej o 2 godziny. Najmniej godzin ze słońcem (5,0) w ciągu doby wystąpiło w trzeciej dekadzie maja. Średnie usłonecznienie w pozostałych miesiącach wegetacji papryki w roku 2015 tj.: czerwcu, lipcu, sierpniu i we wrześniu było wyższe od średniej wieloletniej dla tych miesięcy za lata 1990 – 2010. W lipcu, sierpniu i we wrześniu największą ilość godzin ze słońcem, odpowiednio: 11,1; 11,3 oraz 12,7 odnotowano

w pierwszej dekadzie każdego miesiąca. We wrześniu jedynie w pierwszej dekadzie miesiąca, średnie usłonecznienie było niższe od średniej wieloletniej. Najwięcej godzin ze słońcem we wrześniu, (o 0,8 godziny więcej), odnotowano w trzeciej dekadzie miesiąca. W maju i w czerwcu 2016 roku odnotowano dostateczną dla wzrostu i rozwoju papryki ilość godzin ze słońcem. Średnie usłonecznienie w maju było równe 10,2 godziny i przewyższało średnie wieloletnie usłonecznienie dla tego miesiąca o 1,8 godziny. Średnia ilość godzin ze słońcem w czerwcu była o 1,1 godziny większa od średniej wieloletniej i wyniosła 9,8 godziny. Średnie usłonecznienie w lipcu było bardzo niekorzystne dla wzrostu i rozwoju papryki. We wszystkich trzech dekadach miesiąca odnotowana ilość godzin słonecznych była zdecydowanie zbyt niska aby zaspokoić zapotrzebowanie papryki na światło. Średnie usłonecznienie w miesiącu równe 6,7 godziny było mniejsze od średniej wieloletniej o 2 godziny. Również lipiec charakteryzował się znacznymi wahaniem usłonecznienia. Najmniej godzin ze słońcem (4,7) odnotowano w drugiej dekadzie miesiąca. W kolejnych dwóch miesiącach średnie usłonecznienie było większe od średniej wieloletniej o 0,5 godziny w sierpniu i o 2,9 godziny we wrześniu. W sierpniu najwięcej godzin ze słońcem (9,4) wystąpiło w trzeciej dekadzie miesiąca, we wrześniu najbardziej słoneczny okres przypadł na drugą dekadę miesiąca.

## **5. Wyniki badań**

### **5.1. Wzrost i rozwój papryki**

#### **5.1.1. Wysokość roślin**

Wysokość papryki w trakcie zbiorów wyniosła średnio 73,59 cm (tab. 5). Najbardziej sprzyjającym dla wzrostu roślin był rok 2015, w którym osiągnęły one średnio 77,20 cm i były istotnie wyższe od uprawianych w pozostałych latach. Stwierdzono istotny wpływ badanych czynników na wysokość roślin. Zastosowanie mikoryzy podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe powodowało wzrost wysokości roślin o 1,78 cm w porównaniu do uprawianych bez mikoryzy oraz o 1,91 cm w porównaniu do roślin traktowanych mikoryzą w trakcie produkcji rozsady. Wysokość roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu wyniosła 77,99 cm i była o 8,8 cm większa w porównaniu z roślinami uprawianymi bez supersorbentu. Tendencję tę obserwowano we wszystkich latach, w których prowadzono badania. Rośliny uprawiane z dodatkiem supersorbentu do podłoża w kolejnych latach były wyższe odpowiednio o 5,16 cm, 12,74 cm i 8,51 cm w porównaniu do uprawianych bez dodatku supersorbentu.

Nie stwierdzono współdziałania mikoryzy i supersorbentu w latach badań. We wszystkich latach badań zarówno w uprawie bez supersorbentu jak i z supersorbentem najwyższe były rośliny po zastosowaniu mikoryzy podczas sadzenia rozsady do cylindrów, a najniższe w obiektach w których mikoryzę zastosowano w trakcie przygotowania rozsady.

#### **5.1.2. Średnica łodygi**

Średnica łodygi papryki przed rozpoczęciem zbiorów wyniosła średnio 15,06 mm (tab. 6). Największą średnicę (16,72 mm) miały łodygi roślin uprawianych w roku 2014.

Była ona istotnie większa od stwierdzonej w roku 2016 o 2,17 mm oraz w roku 2015 o 2,80 mm.

Inokulowanie systemu korzeniowego papryki grzybami mikoryzowymi oraz dodatek supersorbentu do podłoża różnicowały istotnie średnicę łodygi w latach prowadzenia badań.

Rośliny, których system korzeniowy inokulowano mikoryzą miały istotnie grubszą łodygę w porównaniu do uprawianych bez mikoryzy. Największą średnicę łodygi miały rośliny, w uprawie których grzyby mikoryzowe zastosowano podczas produkcji rozsady. Ich łodygi były grubsze o 0,91 mm w porównaniu do łodyg roślin uprawianych bez grzybów mikoryzowych i o 0,45 mm w porównaniu do inokulowanymi grzybami mikoryzowymi podczas sadzenia na miejsce stałe.

W latach 2015 i 2016 dodatek supersorbentu do podłoża, zarówno w uprawie bez mikoryzy jak i po jej zastosowaniu w czasie produkcji rozsady, a także w czasie sadzenia na miejsce stałe, wpływał na wzrost średnicy łodyg. Różnica wahała się od 1,04 mm w 2015 roku w kombinacji bez mikoryzy do 3,55 mm, również w 2015 roku, w kombinacji po zastosowaniu mikoryzy podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe.

Również w 2014 roku łodygi roślin uprawianych z dodatkiem supersorbentu miały większą średnicę niż uprawiane bez supersorbentu. Istotne różnice stwierdzono w kombinacji bez mikoryzy (średnica łodyg większa o 2,07 mm) i po zastosowaniu mikoryzy podczas sadzenia rozsady (średnica łodyg większa o 1,07 mm).

### **5.1.3. Masa części nadziemnej**

Masa części nadziemnych roślin wyniosła średnio 510,5 g (tab. 7). Największą masą części nadziemnych (584,3 g) charakteryzowały się rośliny uprawiane w roku 2014. W roku 2015 była ona mniejsza o 86,4 g, a w roku 2016 o 135,1 g.

Nie stwierdzono istotnego wpływu inokulowania systemu korzeniowego arbuskularnymi grzybami mikoryzowymi na masę części nadziemnej roślin papryki. Zaobserwowano jednak, że rośliny, których system korzeniowy był mikoryzowany w okresie produkcji rozsady, charakteryzowały się większą masą części nadziemnych w porównaniu do tych, u których nie zastosowano inokulacji ryzosfery grzybami mikoryzowymi.

Średnia masa roślin z obiektów z supersorbentem wyniosła 603,0 g·rośl.<sup>-1</sup> i była istotnie większa o 185,1 g w porównaniu do masy roślin uprawianych bez supersorbentu.

W kolejnych latach badań dodatek supersorbentu do podłoża powodował wzrost masy części nadziemnych roślin odpowiednio o 111,7 g, 301,8 g i 142 g w porównaniu do stwierdzonej u roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.

Średnia masa roślin z obiektów z supersorbentem wyniosła 603,0 g i była wyższa o 185,1 g w porównaniu do masy roślin uprawianych bez supersorbentu. Różnica była statystycznie istotna.

#### **5.1.4. Masa systemu korzeniowego**

Masa systemu korzeniowego papryki wyniosła średnio 214,2 g (tab. 8). Największą masą systemu korzeniowego (247,2 g) charakteryzowały się rośliny uprawiane w roku 2014, istotnie mniejszą w roku 2015 (192,5 g) i w 2016 (202,8 g).

Inokulacja grzybami mikoryzowymi w okresie produkcji rozsady sprzyjała wytworzeniu przez rośliny systemu korzeniowego o najwyższej masie (221,2 g). Masa systemu korzeniowego bez inokulacji była mniejsza o 12,9 g.

Dodatek do podłoża supersorbentu wpływał korzystnie na wzrost systemu korzeniowego, którego masa wyniosła średnio 222,6 g i była o 30,1 g większa od masy systemu korzeniowego roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.

Współdziałanie badanych czynników wpływało istotnie na masę systemu korzeniowego papryki w latach prowadzenia badań. W roku 2014 tworzeniu systemu korzeniowego roślin uprawianych bez mikoryzy i po zastosowaniu mikoryzy w czasie produkcji rozsady sprzyjał dodatek supersorbentu do podłoża. Po dodaniu supersorbentu masa systemu korzeniowego była większa odpowiednio o 40,0 g i 36,3 g. W przypadku roślin mikoryzowanych podczas sadzenia do cylindrów istotnie większą masą o 41,6 g charakteryzował się system korzeniowy roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.

W roku 2015 i w 2016 większą masą systemu korzeniowego charakteryzowały się rośliny niemikoryzowane jak i mikoryzowane oraz uprawiane w podłożu z dodatkiem supersorbentu. W roku 2015 różnice nie zostały jednak udowodnione statystycznie. W roku 2016 istotny wzrost masy systemu korzeniowego o 39,6 g·rośl.<sup>-1</sup> stwierdzono

u roślin mikoryzowanych podczas sadzenia do cylindrów i uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu w porównaniu do uprawianych bez supersorbentu.

#### **5.1.5. Indeks zazielenienia liści (SPAD)**

Indeks zazielenienia liści papryki wyniósł średnio 52,71 (tab. 9) i był istotnie zróżnicowany w latach prowadzenia doświadczenia. Najmniejszy (49,82) stwierdzono w 2014 roku, istotnie większy odpowiednio o 10% i 7%, w roku 2015 i 2016.

Dodatek supersorbentu do podłoża istotnie różnicował wartość indeksu zazielenienia liści powodując jego wzrost z 52,07 w liściach roślin uprawianych bez supersorbentu do 53,35 w uprawianych z dodatkiem supersorbentu do podłoża.

W roku 2016 indeks zazielenienia liści roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu był większy o 4,29 w porównaniu do oznaczonego bez dodatku supersorbentu. Różnica była istotna statystycznie. W roku 2014 i 2015 nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku supersorbentu na indeks SPAD.

Nie stwierdzono istotnego współdziałania badanych w doświadczeniu czynników.

### **5.2. Plonowanie papryki**

#### **5.2.1. Plon ogółem**

Plon ogółem owoców papryki wyniósł średnio  $3076,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  (tab. 10). Największy,  $4042,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , zebrano w 2014 roku. Przewyższał on istotnie zebrany w roku 2015 i 2016 odpowiednio o  $1447,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i  $1448,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ .

W latach prowadzenia badań uzyskano istotny wzrost plonu papryki po zastosowaniu mikoryzy w porównaniu do uprawy bez mikoryzy. W latach 2014 i 2015 zastosowanie mikoryzy zarówno w czasie produkcji rozsady jak i podczas jej sadzenia na miejsce stałe wpłynęło na wzrost plonu ogółem. W roku 2016 największy plon zebrano po zastosowaniu mikoryzy w okresie produkcji rozsady. Był on istotnie wyższy



w porównaniu z zebraniem z obiektów bez mikoryzy o  $578,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i od zebranego z roślin mikoryzowanych podczas sadzenia na miejsce stałe o  $373,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ .

We wszystkich latach badań również dodatek supersorbentu do podłoża istotnie wpłynął na plon ogółem. W roku 2014 różnica w plonie ogółem owoców po zastosowaniu supersorbentu wyniosła  $1562,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , w 2015 roku  $879,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , a w 2016 roku  $403,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  w porównaniu z plonem zebraniem z roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.

We wszystkich latach badań uprawa papryki inokulowanej grzybami mikoryzowymi w podłożu z dodatkiem supersorbentu wpływała na uzyskanie istotnie wyższego plonu ogółem owoców w porównaniu do uprawianej w podłożu bez dodatku supersorbentu. W roku 2014 i 2015 największy plon ogółem zebrano z roślin mikoryzowanych podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe, a w 2016 roku po zastosowaniu mikoryzy w trakcie produkcji rozsady. Wzrost plonu ogółem owoców w porównaniu do uprawy bez dodatku supersorbentu wahał się od 26,6% (MwC) w roku 2016 do 35,8% (MwC) w roku 2015.

### **5.2.2. Plon handlowy owoców**

Plon handlowy owoców papryki wyniósł średnio  $2873,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  (tab. 11). Największy ( $3683,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) zebrano w 2014 roku, istotnie mniejszy, odpowiednio  $2469,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i  $2476,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ , w roku 2014 i 2015.

We wszystkich latach badań inokulowanie systemu korzeniowego wpływało istotnie na wielkość plonu handlowego owoców. Ocena wpływu mikoryzy wykazała, że największy plon handlowy ( $3099,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) zabrano z roślin, których ryzosferę inokulowano w trakcie produkcji rozsady. Brak inokulacji ryzosfery lub opóźnienie zabiegu do czasu sadzenia na miejsce stałe, istotnie obniżało plon handlowy owoców odpowiednio o 15,5% i 6,4%.

Stwierdzono również istotny wpływ dodatku supersorbentu do podłoża uprawowego na wielkość plonu handlowego, który z obiektów z dodatkiem supersorbentu wyniósł  $3296,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  i był o  $846,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  większy w porównaniu z uzyskanym bez supersorbentu.

We wszystkich latach badań inokulowanie systemu korzeniowego oraz dodatek supersorbentu do podłoża wpłynęły istotnie na wielkość plonu handlowego.

W latach 2014 i 2015 inokulowanie ryzosfery grzybami mikoryzowymi w trakcie produkcji rozsady jak i podczas jej sadzenia na miejsce stałe oraz uprawa w podłożu z dodatkiem supersorbentu wpłynęły na wzrost plonu handlowego owoców od 21,2% (2014 MpR) do 36,5% (2015 MwC) w porównaniu z uprawą bez dodatku supersorbentu. W 2016 roku istotnie większy plon handlowy owoców (o 23,1%) zebrano z roślin, których system korzeniowy inokulowano grzybami mikoryzowymi w trakcie produkcji rozsady (MpR) i uprawianych z dodatkiem supersorbentu do podłoża.

### **5.3.Cechy biometryczne owoców**

#### **5.3.1. Wysokość owoców**

Wysokość owoców papryki wyniosła średnio 6,12 cm (tab. 12). Najmniejsze owoce (5,52 cm) zebrano w 2014 roku. W pozostałych latach zebrane owoce były istotnie wyższe – w roku 2015 o 0,94 cm, a w 2016 o 0,88 cm.

Inokulacja ryzosfery roślin grzybami mikoryzowymi różnicowała wysokość owoców papryki w latach prowadzenia badań. W roku 2015 istotnie wyższe owoce zebrano z roślin inokulowanych grzybami mikoryzowymi w okresie produkcji rozsady w porównaniu do zebranych z roślin uprawianych bez mikoryzy oraz po jej zastosowaniu podczas sadzenia rozsady. W roku 2016 zastosowanie grzybów mikoryzowych zarówno w trakcie produkcji rozsady jak i w czasie sadzenia roślin na miejsce stałe wpływało na istotny wzrost wysokości owoców w porównaniu do uprawy bez grzybów mikoryzowych. W roku 2014 istotnego wpływu mikoryzy na wysokość owoców nie stwierdzono.

We wszystkich latach badań stwierdzono, że dodatek supersorbentu do podłoża istotnie zwiększał wysokość owoców w porównaniu do zebranych z roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu. Największy wzrost wysokości owoców (o 1,23 cm) zanotowano w roku 2015.

### **5.3.2. Grubość perykarpu**

Grubość perykarpu papryki wyniosła średnio 6,01 mm (tab. 13). Owoce zebrane w latach 2014 i 2015 charakteryzowały się istotnie grubszym miąższem, odpowiednio o 1,28 mm i 1,44 mm, niż owoce zebrane w 2016 roku.

Owoce zebrane z roślin, których ryzosferę poddano mikoryzacji, miały nieco grubsze ścianki perykarpu niż zebrane z roślin niemikoryzowanych. Różnice nie były jednak statystycznie istotne.

Dodatek do podłoża supersorbentu istotnie zwiększył grubość perykarpu, średnio z 5,92 mm bez dodatku supersorbentu do 6,09 mm z supersorbentem.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych oraz dodatek supersorbentu różnicowało grubość perykarpu w latach prowadzenia badań. W roku 2014 istotny wzrost grubości perykarpu, odpowiednio o 0,64 mm i o 0,25 mm, stwierdzono u owoców zebranych z roślin niemikoryzowanych oraz mikoryzowanych podczas sadzenia do cylindrów i uprawianych z dodatkiem supersorbentu. W roku 2015 stwierdzono istotny wzrost grubości perykarpu w owocach zebranych z roślin niemikoryzowanych jak i mikoryzowanych podczas produkcji rozsady, a także i podczas sadzenia do cylindrów i uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu. Perykarp tych owoców był grubszy odpowiednio o 0,56 mm i o 0,42 mm. W roku 2016 istotny wpływ grzybów mikoryzowych i dodatku supersorbentu do podłoża na grubość perykarpu stwierdzono w owocach zebranych z roślin, u których inokulację ryzosfery przeprowadzono w okresie produkcji rozsady. Różnica w porównaniu do uprawy bez dodatku supersorbentu wynosiła 0,23 mm.

## **5.4. Wybrane elementy wartości odżywczej papryki**

### **5.4.1. Zawartość suchej masy**

Zawartość suchej masy w owocach papryki wyniosła średnio 6,62% (tab. 14) i była istotnie zróżnicowana w latach badań. Istotnie największą jej zawartością (6,91%) charakteryzowały się owoce papryki uprawianej w 2014 roku. W latach 2015 i 2016 była ona istotnie mniejsza odpowiednio o 0,47% i o 0,40%.

We wszystkich latach badań zastosowanie mikoryzy oraz dodatek supersorbentu do podłoża wpływały na zawartość suchej masy w owocach papryki. W roku 2014 istotny wzrost zawartości suchej masy po dodaniu supersorbentu do podłoża (o 0,56%) stwierdzono w owocach roślin mikoryzowanych w czasie sadzenia do cylindrów, w roku 2015 w owocach z roślin mikoryzowanych w czasie produkcji rozsady (o 0,31%), a w roku 2016 z roślin mikoryzowanych zarówno w czasie produkcji rozsady jak i podczas sadzenia do cylindrów (odpowiednio o 0,48% i 0,56%).

Dodatek supersorbentu do podłoża zwiększył zawartość suchej masy w owocach średnio z 6,58% do 6,65%. Różnica ta nie została jednak udowodniona statystycznie.

#### **5.4.2. Zawartość białka**

Zawartość białka w owocach papryki wyniosła średnio 1,10% św. m. (tab. 15). Najbardziej sprzyjający gromadzeniu białka w owocach był rok 2014, w którym jego zawartość wyniosła 1,14% i była istotnie większa niż w roku 2015 i 2016.

Inokulacja systemu korzeniowego grzybami mikoryzowymi nie powodowała zmian w zawartości białka w owocach papryki.

Nie stwierdzono istotnego wpływu supersorbentu na zawartość białka w owocach papryki.

#### **5.4.3. Zawartość cukrów ogółem**

Zawartość cukrów ogółem w owocach papryki wyniosła średnio 3,45% św. m. (tab. 16). Stwierdzono istotne różnice w ich zawartości w latach badań. Istotnie najwięcej cukrów ogółem (3,62% św. m.) zawierały owoce papryki uprawianej w 2016 roku, istotnie najmniej (3,26% św. m.) w 2014 roku. Ilość cukrów w owocach zebranych w roku 2015 kształtowała się średnio na poziomie 3,52% św. m.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych i uprawa papryki w podłożu z dodatkiem supersorbentów wpływały na zawartość cukrów ogółem w owocach w latach prowadzenia badań. W roku 2014 nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości cukrów ogółem w owocach w wyniku stosowania mikoryzy i dodatku supersorbentu do podłoża uprawowego. W roku 2015 owoce zebrane z roślin, których ryzosferę inokulowano grzybami mikoryzowymi i uprawiane w podłożu bez dodatku supersorbentu zawierały

więcej cukrów ogółem niż uprawiane z dodatkiem supersorbentu. Istotną różnicę stwierdzono po inokulacji wykonanej w czasie produkcji rozsady. W roku 2016 istotnie więcej cukrów ogółem zawierały owoce zebrane z roślin niemikoryzowanych oraz mikoryzowanych w czasie sadzenia do cylindrów i uprawianych w podłożu bez dodatku supersorbentu, odpowiednio 3,72% św. m. i 3,69% św. m. W przypadku owoców zebranych z roślin mikoryzowanych podczas produkcji rozsady, istotnie więcej cukrów ogółem uzyskano uprawiając rośliny w podłożu z dodatkiem supersorbentu.

Dodatek supersorbentu do podłoża uprawowego spowodował istotny spadek zawartości cukrów ogółem w owocach papryki w porównaniu do stwierdzonej w owocach zebranych z roślin uprawianych bez supersorbentu o 0,04% św. m.

#### **5.4.4. Zawartość cukrów redukujących**

Zawartość cukrów redukujących w owocach papryki wyniosła średnio 2,45% św. m. (tab. 17). Największą zawartość cukrów redukujących (2,48% św. m.) stwierdzono w owocach zebranych w 2016 roku. W pozostałych latach badań zawartość badanego składnika była istotnie mniejsza i wyniosła 2,41% św. m. w roku 2014 i 2,43% św. m. w roku 2015.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych spowodowało niewielki wzrost średniej zawartości cukrów redukujących w porównaniu z obiektem kontrolnym bez mikoryzy. Różnicy tej nie udowodniono jednak statystycznie.

Stwierdzono natomiast, że dodatek supersorbentu do podłoża sprzyjał w sposób istotny gromadzeniu cukrów redukujących w owocach papryki. Wzrost zawartości tego składnika po zastosowaniu supersorbentu wyniósł 0,06% św. m. Tendencję do wzrostu zawartości cukrów redukujących w owocach papryki pod wpływem mikoryzy stwierdzono w latach 2014 i 2016, a po dodatku supersorbentu do podłoża we wszystkich latach prowadzenia badań. Różnice te jednak nie zostały udowodnione statystycznie.

#### **5.4.5. Zawartość kwasu L-askorbinowego**

Zawartość kwasu L-askorbinowego w owocach papryki wyniosła średnio 122,25 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. (tab. 18). Stwierdzono istotne zróżnicowanie jej zawartości

w latach badań. Najmniejszą zawartość ( $119,40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) oznaczono w owocach zebranych w 2014 roku. W kolejnych latach badań zawartość kwasu L-askorbinowego była istotnie większa odpowiednio o  $3,51 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. i o  $5,03 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.

Mikoryza wpłynęła na niewielki wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego w owocach zebranych z roślin poddanych mikoryzacji w trakcie przygotowywania rozsady i z roślin mikoryzowanych podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe w porównaniu z owocami zebranymi z roślin niemikoryzowanych.

Niezależnie od roku badań dodatek supersorbentu do podłoża uprawowego nie powodował istotnych zmian w zawartości kwasu L-askorbinowego w owocach papryki. Stwierdzono jednak, że w roku 2015 uprawa roślin, których system korzeniowy inokulowano grzybami mikoryzowymi podczas sadzenia do podłoża z dodatkiem supersorbentu powodowała istotny wzrost zawartości kwasu L-askorbinowego w owocach (o  $6,89 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w porównaniu z uprawą bez supersorbentu.

#### **5.4.6. Zawartość polifenoli**

Całkowita zawartość polifenoli w owocach papryki wyniosła średnio  $48,17 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 19) i była istotnie zróżnicowana w latach badań. Istotnie największą zawartość polifenoli ( $57,64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) uzyskano w owocach w roku 2015, istotnie mniejszą ( $46,59 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w 2014, a istotnie najmniejszą ( $40,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w roku 2016.

We wszystkich latach badań, a zwłaszcza w 2015 roku owoce zebrane z roślin, których inokulację ryzosfery przeprowadzono podczas produkcji rozsady i uprawiane w podłożu z dodatkiem supersorbentu charakteryzowały się istotnie większą zawartością polifenoli w porównaniu do zawartości tych związków w owocach zebranych z roślin uprawianych bez supersorbentu. Różnica wynosiła  $8,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.

#### **5.4.7. Kwasowość owoców**

Kwasowość owoców (w przeliczeniu na kwas cytrynowy) wyniosła średnio  $0,34 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 20) i ulegała istotnym zmianom w latach badań. Owoce o największej kwasowości ( $0,36 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) zebrano z roślin uprawianych

w 2014 roku. Istotnie mniejszą kwasowością wynoszący  $0,33 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. charakteryzowały się owoce w kolejnych latach badań.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych i supersorbentu powodowało istotne zróżnicowanie kwasowości owoców w latach 2015 i 2016. W latach tych stwierdzono istotny wzrost kwasowości w przypadku owoców zebranych z roślin traktowanych mikoryzą zastosowaną w trakcie produkcji rozsady i uprawy w podłożu z dodatkiem supersorbentu. W obu latach badań wzrost kwasowości wyniósł  $0,02 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. w porównaniu do uprawy bez dodatku supersorbentu.

#### **5.4.8. Zawartość składników mineralnych**

##### **5.4.8.1. Zawartość fosforu**

Zawartość fosforu w owocach papryki wyniosła średnio  $27,01 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 21) i była istotnie zróżnicowana w latach badań. Najmniejszą zawartością fosforu ( $23,60 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) charakteryzowały się owoce zebrane w roku 2014. Istotnie większą stwierdzono w owocach zebranych w 2015 i 2016 roku. Była ona większa odpowiednio o  $6,14 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. oraz o  $4,08 \text{ g}^{-1}$  św. m. w porównaniu z oznaczoną w roku 2014.

Czynnikiem, który wpłynął na zawartość fosforu w owocach był dodatek supersorbentu do podłoża. Owoce z roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu zawierały o  $2,39 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. więcej fosforu w porównaniu do owoców z roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych nie powodowało istotnych zmian zawartości fosforu w owocach papryki.

##### **5.4.8.2. Zawartość potasu**

Zawartość potasu w owocach papryki wyniosła średnio  $206,12 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 22). Największą zawartość potasu ( $230,23 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) stwierdzono w pierwszym roku badań. W kolejnych latach badań była ona istotnie mniejsza, odpowiednio o  $27,08 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. oraz o  $45,24 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.

Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości potasu w owocach pod wpływem zastosowanej mikoryzy.

Dodatek supersorbentu do podłoża wpłynął korzystnie na gromadzenie potasu w owocach. Wzrost jego zawartości w porównaniu z obiektem bez supersorbentu wyniósł średnio  $10,88 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. Tendencję taką pomimo braku istotnych różnic, obserwowano we wszystkich latach, w których prowadzono badania.

#### **5.4.8.3. Zawartość wapnia**

Owoce papryki uprawianej w doświadczeniu zawierały średnio  $12,85 \text{ mg Ca}$  w  $100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 23). Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości tego składnika w latach badań. Najmniejszą zawartością tego makroelementu ( $10,15 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) charakteryzowały się owoce zebrane w roku 2014. W kolejnych latach badań stwierdzono istotnie większą zawartość wapnia w owocach, odpowiednio o  $3,64 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. oraz  $4,44 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.

Zastosowanie arbuskularnych grzybów mikoryzowych nie powodowało istotnego zróżnicowania zawartości wapnia w owocach papryki.

Dodatek supersorbentu do podłoża uprawowego sprzyjał gromadzeniu wapnia w owocach powodując jego istotny wzrost o  $1,31 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. w porównaniu z obiektem kontrolnym bez supersorbentu.

#### **5.4.8.4. Zawartość żelaza**

Zawartość żelaza w owocach papryki wyniosła średnio  $0,26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. (tab. 24). Największą zawartość żelaza wynoszącą średnio  $0,30 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. stwierdzono w roku 2015. W roku 2014 i w roku 2016 zawartość żelaza w owocach wyniosła średnio  $0,24 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. i była istotnie mniejsza w porównaniu z rokiem 2015.

W owocach zebranych z roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu oznaczono średnio  $0,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. żelaza. Zawartość ta była istotnie większa w porównaniu ze stwierdzoną w owocach roślin uprawianych bez dodatku supersorbentu.



Wzrost zawartości żelaza pod wpływem supersorbentu, wynoszący odpowiednio 0,03 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m., 0,04 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. oraz 0,05 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m., odnotowano we wszystkich latach badań.

Zastosowanie grzybów mikoryzowych nie powodowało istotnego wpływu na zawartość żelaza w owocach papryki.

#### **5.4.8.5. Zawartość sodu**

Owoce papryki zawierały średnio 1,13 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. sodu (tab. 25). W 2015 roku zawartość sodu w owocach kształtowała się na poziomie 1,42 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. i była większa w porównaniu z oznaczoną w roku 2016 oraz istotnie większa w porównaniu ze stwierdzoną w roku 2014.

Zastosowanie mikoryzy w uprawie papryki obniżyło nieco zawartości sodu w owocach. W owocach zebranych z roślin, w których mikoryzację wykonano podczas produkcji rozsady spadek zawartości sodu wyniósł 0,04 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m., a w czasie sadzenia 0,07 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. Różnice nie zostały jednak udowodnione statystycznie.

Zawartość sodu w owocach zebranych z uprawy z supersorbentem wyniosła średnio 1,31 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. i była istotnie większa od stwierdzonej w obiektach bez supersorbentu (0,95 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.).

#### **5.4.8.6. Zawartość magnezu**

Zawartość magnezu w owocach papryki wyniosła średnio 10,55 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. (tab. 26). Najwięcej magnezu zawierały owoce zebrane w 2015 roku (10,61 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.). Zawartość ta była o 0,10 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. większa niż w roku 2014 i o 0,09 mg·100 g<sup>-1</sup> św. m. niż w roku 2016. Różnice nie były jednak statystycznie istotne.

Nie stwierdzono istotnego wpływu grzybów mikoryzowych na zawartość magnezu w owocach papryki.

Zastosowanie supersorbentu przyczyniło się do istotnego zwiększenia zawartości magnezu w owocach w porównaniu do uprawy bez dodatku supersorbentu. Wzrost

zawartości wyniósł  $0,99 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m., a tendencję tę obserwowano w każdym roku badań.

#### **5.4.8.7. Zawartość cynku**

Owoce papryki zawierały średnio  $0,30 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m. cynku (tab. 27). Najmniejszą zawartość cynku w owocach ( $0,26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) stwierdzono w 2014 roku, istotnie większą ( $0,30 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w 2016 roku, a istotnie największą ( $0,35 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.) w 2015 roku.

Inokulacja systemu korzeniowego grzybami mikoryzowymi nie wpływała w sposób istotny na zawartość cynku w owocach papryki.

Owoce zebrane z roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu zawierały istotnie więcej cynku niż uprawiane w obiektach kontrolnych bez dodatku supersorbentu.

## 6. Dyskusja

Większość badań z stosowaniem grzybów mikoryzowych dotyczy roślin ozdobnych i sadowniczych, mało jest literatury na temat mikoryzy w uprawie warzyw i roślin rolniczych.

Papryka jest gatunkiem o wysokich wymaganiach środowiskowych, a zwłaszcza termicznych i świetlnych. Prawidłowy wzrost i rozwój jej części wegetatywnych i generatywnych jest skorelowany ze ściśle określonymi wartościami i rozkładem temperatur oraz usłonecznieniem, zróżnicowanymi w poszczególnych fazach rozwojowych oraz w cyklu dobowym. Nadmierne odchylenia od optymalnych wartości mogą powodować zmiany poziomu plonowania, a także jakości owoców (Cebula 2010). Niekiedy przebieg warunków pogodowych, a zwłaszcza wysokie temperatury powietrza oraz usłonecznienie utrudniają możliwość utrzymania temperatury wewnątrz pomieszczeń, w których uprawiane są rośliny na optymalnym poziomie.

Mikroklimat w obiekcie, w którym przeprowadzono badania polowe istotnie wpłynął na zróżnicowanie cech biometrycznych i zawartości składników odżywczych w latach badań. W roku 2014 charakteryzującym się najniższą średnią temperaturą powietrza oraz najmniejszą liczbą godzin ze słońcem zebrano największy plon ogółem i handlowy owoców. Charakteryzował się on największą zawartością suchej masy, białka i najwyższym poziomem kwasowości.

Z badań własnych dotyczących oceny cech biometrycznych roślin wynika, że wpływ mikoryzy na wysokość roślin był zróżnicowany i zależał od terminu jej zastosowania. Inokulowanie korzeni grzybami mikoryzowymi podczas produkcji rozsady spowodowało niewielki spadek wysokości roślin, a wykonanie zabiegu podczas sadzenia rozsady na miejsce stało wpłynęło istotnie na wzrost wysokości roślin w porównaniu z uprawą bez mikoryzy. Candido i in. (2013) stwierdzili korzystny wpływ grzybów mikoryzowych na wysokość roślin, stosując mikoryzę w polowej uprawie pomidora. Szybszy wzrost roślin mikoryzowanych autorzy zaobserwowali już od wczesnego stadium wzrostu. Szybszy wzrost utrzymał się przez cały okres wegetacji. Borowy i in. (2015) nie stwierdzili istotnego wpływu mikoryzy na długość łodyg pomidora w uprawie polowej. Na podstawie wyników ich badań można stwierdzić, że inokulowanie rozsady

powodowało nieznaczny spadek długości łodyg w porównaniu z obiektem kontrolnym. Borowy i Matela (2012) stosując grzyby mikoryzowe w uprawie bazylii również stwierdzili mniejszą wysokość roślin pod wpływem inokulacji w porównaniu z obiektem kontrolnym bez inokulacji. Koniarski i in. (2009) także nie stwierdzili pozytywnych efektów zastosowania szczepionek mikoryzowych na tempo wzrostu i jakość róż (*Rose ssp.*) po dwóch latach od momentu posadzenia. Autorzy zauważyli natomiast większą średnicę pni klonów (*Acer platanoides* L.) na wysokości 30 cm oraz dłuższe pędy boczne u drzew inokulowanych szczepionką *Acer Ekto* w porównaniu z drzewami kontrolnymi. Qiangsheng i Renxue (2006) stwierdzili, że mikoryzacja siewek poncyrii trójlistkowej (*Poncirus trifoliata* L.) przyczyniła się do uzyskania wyższych roślin. Także Wu i in. (2011) zauważyli szybsze tempo wzrostu sadzonek brzoskwiń uprawianych w pojemnikach pod wpływem inokulacji trzema szczepami grzybów mikoryzowych *Glomus mosseae*, *Glomus versiforme* oraz *Paraglomus occultum* w porównaniu z obiektem kontrolnym bez mikoryzacji. Również Księżniak i in. (2013) zauważyli znacząco większe tempo przyrostu pędów i ilości liści różanecznika po zastosowaniu szczepionki mikoryzowej. Kubiak (2008) uzyskał korzystny wpływ szczepionek mikoryzowych na wzrost wysokości sosny.

W badaniach własnych zastosowanie mikoryzy istotnie wpłynęło na wzrost średnicy łodygi papryki i masę systemu korzeniowego roślin, zwłaszcza wtedy gdy inokulowanie systemu korzeniowego wykonano w trakcie produkcji rozsady, natomiast nie miało wpływu na masę części nadziemnej oraz indeks zazielenienia liści. Wzrost średnicy łodygi pod wpływem mikoryzy zauważyli również Qiangsheng i Renxue (2006) w uprawie poncyrii trójlistkowej oraz Wu i in. (2011) w uprawie brzoskwiń. Korzystny wpływ grzybów mikoryzowych na wzrost wegetatywny ale także aktywność fotosyntetyczną kasztana jadalnego (*Castanea sativa* Mill.) potwierdzają wyniki badań Martinsa i in. (1997). Borowy i in. (2015) nie potwierdzają wpływu grzybów mikoryzowych na średnicę pędu pomidora. W badaniach z bazylią Borowy i Matela (2012) stwierdzili, że rośliny mikoryzowane rosły wolniej, a podczas zbioru ich średnica łodygi była mniejsza od roślin kontrolnych.

Mierzony przed zbiorem papryki indeks zazielenienia liści (SPAD) miał zbliżoną wartość zarówno u roślin mikoryzowanych jak i niemikoryzowanych. Również Borowy i in. (2015) nie stwierdzili istotnych różnic w całkowitej zawartości chlorofilu w liściach pomidorów, a Borowy i Matela (2012) w liściach bazylii, pochodzących z roślin poddanych

mikoryzacji i z obiektów kontrolnych bez mikoryzacji. Według Majkowskiej-Gadomskiej i in. (2016) inokulacja ryzosfery roślin pomidora grzybami mikoryzowymi wpłynęła na wzrost wartości wskaźnika zazielenienia liści (SPAD), który był wyznacznikiem poprawy stanu odżywienia roślin. Według Talavera i in. (2001) mikoryzowane rośliny pomidora i marchwi wykazywały większą odporność na nicienie oraz charakteryzowały się większą masą niż rośliny kontrolne bez mikoryzy. Schroeder i Janos (2004) wykazali, że inokulacja korzeni grzybami mikoryzowymi przy niskiej zawartości fosforu w glebie, korzystnie wpływa na gromadzenie suchej masy w roślinach pomidora i zielu kolendry. Również Sylvia i in. (2001) przy niskiej zawartości fosforu w glebie stwierdzili dużo większą zawartość suchej masy w roślinach pomidora traktowanych mikoryzą w porównaniu z roślinami niemikoryzowanymi. Janos i in. (2001) wykazali wpływ mikoryzy na wzrost zawartości suchej masy w łodygach i liściach lichi (*Litchi chinensis* Sonn.) oraz brak wyraźnego wpływu na zawartość suchej masy w korzeniach. Wu i in. (2013) stwierdzili wzrost zawartości suchej masy w częściach nadziemnych i w korzeniach drzew brzoskwini w porównaniu z obiektem bez mikoryzy.

W badaniach własnych we wszystkich latach większy plon ogółem owoców papryki zebrano z roślin, których system korzeniowy inokulowano grzybami mikoryzowymi zarówno podczas produkcji rozsady jak i w trakcie jej sadzenia na miejsce stałe. Był on istotnie większy od zebranego z roślin uprawianych bez mikoryzy. Również plon handlowy owoców zebranych z roślin szczepionych mikoryzą zarówno w trakcie produkcji rozsady jak i podczas sadzenia na miejsce stałe był istotnie większy od zebranego z roślin uprawianych bez mikoryzy. Podobne rezultaty uzyskali Borowy i in. (2015), którzy zebrali większy plon ogółem owoców pomidora po zastosowaniu grzybów mikoryzowych. Korzystny wpływ mikoryzy na plonowanie roślin uprawnych potwierdzają również badania innych autorów. Candido i in. (2013) z roślin mikoryzowanych zebrało 10,5% większy plon ogółem i 9,5% większy plon handlowego owoców pomidora w porównaniu z zebraniem z roślin uprawianych bez szczepionki mikoryzowej. Również Majkowska-Gadomska i in. (2016) uzyskali wzrost plonu ogółem owoców trzech odmian pomidora uprawianych w ogrzewanym tunelu, a zwłaszcza odmiany 'Listel F<sub>1</sub>' u której po zastosowaniu mikoryzy zwiększył się on o 37%. Babana i Antoun (2006) zanotowali wzrost plonów ziarna pszenicy po inokulowaniu roślin grzybami mikoryzowymi zastosowanym łącznie z bakteriami ryzosferowymi. Natomiast w badaniach Michałojć i in. (2015), w których rośliny pomidora uprawiano na welnie

mineralnej i słomie, nie stwierdzono wpływu inokulacji mikoryzą na wielkość plonu ogółem i plonu handlowego owoców. Również średnia liczba owoców zebranych z rośliny nie uległa zmianie w porównaniu z obiektem kontrolnym bez mikoryzy. Golcz i Bosiacki (2008) po zastosowaniu grzybów mikoryzowych zanotowali spadek plonu świeżej i suchej masy ziela tymianku w porównaniu z plonem surowca otrzymanym bez mikoryzy. Tendencję tę zauważono również analizując zawartość olejku eterycznego w ziele. Również Borowy i Matela (2012) po zastosowaniu szczepionki mikoryzowej stwierdzili spadek świeżej i powietrznie suchej masy ziela tymianku, zauważyli natomiast niewielki wzrost liczby rozgałęzień pędu. Autorzy nie zanotowali także wpływu mikoryzy na długość i szerokość liści bazylii.

W badaniach własnych mikoryza nieznacznie wpłynęła na grubość perykarpu i wysokość owoców papryki. Różnice nie zostały udowodnione statystycznie. Również wyniki badań Borowego i in. (2015) nie potwierdzają istotnych zmian masy i średnicy owoców pomidorów po zastosowaniu szczepionki mikoryzowej.

Na podstawie badań własnych nie stwierdzono istotnego wpływu mikoryzy na zmiany zawartości składników odżywczych w owocach papryki. Zauważono jedynie niewielki wzrost zawartości cukrów ogółem i cukrów redukujących oraz kwasu L-askorbinowego w owocach zebranych z roślin mikoryzowanych w porównaniu do owoców zebranych z roślin uprawianych bez mikoryzy. Michałojć i in. (2015) badając wpływ mikoryzy w uprawie pomidorów w podłożu z wełny mineralnej i słomy uzyskali wzrost zawartości suchej masy i cukrów ogółem oraz spadek zawartości kwasu L-askorbinowego w owocach w porównaniu z obiektem kontrolnym bez mikoryzy. Candido i in. (2013) potwierdzili wzrost zawartości suchej masy w owocach pomidora w wyniku mikoryzacji roślin. Autorzy uzyskali także wzrost zawartości azotu w owocach pod wpływem mikoryzacji. Nie stwierdzili natomiast wpływu tego zabiegu na zawartość cukrów ogółem w owocach pomidorów w porównaniu z obiektem kontrolnym. W badaniach Borowego i Mateli (2012) zastosowanie inokulacji ryzosfery przyczyniło się do wzrostu zawartości suchej masy oraz cukrów ogółem i redukujących w ziele bazylii w porównaniu z obiektem bez mikoryzy. Autorzy nie stwierdzili istotnych zmian zawartości antocyjanów oraz fenolokwasów, natomiast zanotowali spadek zawartości kwasu L-askorbinowego po zastosowaniu mikoryzy. Badania Borowego i in. (2015) nie wykazały istotnego wpływu grzybów mikoryzowych na zawartość suchej masy oraz karotenoidów w owocach pomidorów. Owoce zebranych z obiektów z mikoryzą

charakteryzowały się nieznacznie mniejszą zawartością suchej masy i karotenoidów w porównaniu do zebranych z obiektu kontrolnego. Autorzy stwierdzili natomiast istotny wzrost zawartości cukrów ogółem i cukrów redukujących oraz kwasu L-askorbinowego i kwasowości w owocach roślin traktowanych grzybami mikoryzowymi.

W badaniach własnych zastosowanie mikoryzy nie wpłynęło istotnie na zawartość makro i mikro – elementów w owocach papryki. Mikoryza zastosowana w uprawie papryki nieznacznie obniżyła zawartość wapnia, żelaza i sodu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Natomiast mikoryzowanie ryzosfery papryki zarówno w trakcie produkcji rozsady jak i podczas jej sadzenia na miejsce stałe spowodowało nieznaczny wzrost zawartości fosforu, potasu, magnezu i cynku w owocach papryki. Borowy i in. (2015) nie stwierdzili istotnego wpływu mikoryzy na zawartość azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia w liściach pomidorów w porównaniu do roślin uprawianych bez mikoryzy. Wu i in. (2011) wykazali korzystny wpływ zastosowanej mikoryzy na zawartość potasu, magnezu, żelaza, manganu i cynku w liściach i pniach oraz wapnia w liściach i miedzi w pniach brzoskwiń.

Uregulowane warunki wilgotnościowe w glebie bądź podłożu, brak niekorzystnych, skrajnych zjawisk związanych z niedostatkami lub nadmiarem wody, sprzyjają prawidłowej gospodarce wodnej roślin. Supersorbenty są dodatkami do gleby bądź podłoża uprawowych korzystnie wpływającymi na ich stosunki wodne. Magazynują one wodę podczas jej wysokiej zawartości i przechowują ją, aby mogła być pobrana przez system korzeniowy roślin w okresie deficytu. Supersorbenty pochłaniając wodę wraz ze składnikami mineralnymi. Nie dopuszczają do ich przemieszczania w głąb profilu glebowego wpływając tym samym na lepsze odżywienie roślin. Również przemienne rozluźnianie i kurczenie się kłębków polimerów poprawia strukturę gleby.

W badaniach własnych zastosowanie dodatku supersorbentu do podłoża wpłynęło na istotny wzrost plonowania papryki oraz korzystnie oddziaływało na cechy biometryczne części wegetatywnych i generatywnych roślin. Wyniki te zostały potwierdzone również przez innych badaczy. Fernando i in. (2013) stosując supersorbenty w uprawie pomidora uzyskali wzrost wysokości roślin, plonu owoców, wartości indeksu zazielenienia liści oraz pola powierzchni liści w porównaniu do roślin z obiektu kontrolnego. Również Yazdani i in. (2007) stosując supersorbent w czterech różnych dawkach w uprawie soi stwierdzili wzrost plonu nasion w porównaniu do obiektu bez supersorbentu. Plon nasion soi był ściśle uzależniony od dawki supersorbentu i wzrastał wraz z nią. Zastosowanie

supersorbentu nie wpływało natomiast na wysokość roślin soi. Większą wysokość roślin, średnicę łodygi oraz długość i szerokość liścia flagowego kukurydzy po zastosowaniu supersorbentu stwierdzili Yáñez-Chávez i in. (2014). Największą średnią wysokością roślin oraz długością i szerokością liścia flagowego charakteryzowały się rośliny uprawiane w obiektach, na których supersorbent zastosowano w dawce  $12,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a największą średnicę łodygi stwierdzono w obiektach z supersorbentem zastosowanym w dawce  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Korzystny wpływ supersorbentu na masę roślin i plon paszy kukurydzy potwierdziły również badania Pedroza-Sandoval i in. (2017). Większą ilość roślin oraz plonu ogółem sałaty pod wpływem zastosowanego supersorbentu uzyskali także Jezdinský i in. (2013). Autorzy stwierdzili również, że zastosowany supersorbent powodował nieznaczny wzrost świeżej i spadek suchej masy rozsady sałaty. W badaniach Faligowskiej i Szukały (2014) zastosowanie polimeru organicznego (Stockosorb Medium 500) w uprawie czterech odmian i jednego rodzaju soi spowodowało istotny wzrost liczby strąków na roślinach. Nie przyczyniło się jednak do uzyskania istotnie wyższego plonu nasion. Nie stwierdzono również istotnych zmian w strukturze plonu pod wpływem polimeru. Wcześniejsze badania autorów (Faligowskiej i Szukały 2011) dotyczące stosowania polimeru w uprawie grochu nie potwierdziły istotnego wpływu na plonowanie i wartość siewną nasion.

Zastosowanie supersorbentu w badaniach własnych istotnie wpływało na zawartość cukrów w owocach papryki. Dodatek supersorbentu do podłoża istotnie zwiększył zawartość cukrów redukujących oraz zmniejszył zawartości cukrów ogółem w porównaniu z uprawą bez supersorbentu. Wpływ supersorbentu na zawartość suchej masy i pozostałych badanych w doświadczeniu składników odżywczych był nieistotny. Również wyniki badań Kosterny i in. (2012) nie potwierdzają istotnego wpływu supersorbentu na zawartość suchej masy, kwasu L-askorbinowego i cukrów ogółem w zgrubieniach kalarepy w porównaniu do uprawy bez supersorbentu. Autorzy dostrzegli jedynie niewielki wzrost zawartości tych składników w roślinach uprawianych z supersorbentem zastosowanym podczas sadzenia rozsady na miejsce stałe w gruncie oraz podczas stosowania supersorbentu w dawce dzielonej tj.: część w trakcie produkcji rozsady i część w trakcie sadzenia rozsady na miejsce stałe. Istotny wzrost zawartości cukrów ogółem w liściach sałaty pod wpływem zastosowanego supersorbentu potwierdziły Majkowska-Gadomska i Wierzbicka (2005). Autorki nie stwierdziły istotnych zmian zawartości kwasu L-askorbinowego i suchej masy w liściach roślin uprawianych



w podłożu z dodatkiem supersorbentu w porównaniu do obiektu kontrolnego. Śnioszek i in. (2016) badając działanie trzech dawek supersorbentu 1,19, 1,59 oraz 1,99 g·kg<sup>-1</sup> w uprawie pszenicy ozimej stwierdzili spadek ogólnej zawartości polifenoli w siewkach roślin wraz z rosnącą dawką supersorbentu. Siewki pszenicy ozimej uprawianej w glebie z supersorbentem charakteryzowały się natomiast wyższą zawartością barwników asymilacyjnych tj.: chlorofilu a, chlorofilu b i karotenoidów.

Badania własne potwierdziły wpływ dodatku do podłoża supersorbentu na wzrost zawartości fosforu, wapnia, magnezu oraz żelaza, sodu i cynku w owocach papryki oraz brak istotnego wpływu na zawartość potasu. Wierzbicka i Majkowska (2002) wykorzystując w uprawie sałaty cztery rodzaje supersorbentów (Ekosorb potasowy, Akryżel sodowy, Akryżel potasowy i Akryżel sodowo-potasowy) uzyskały wzrost zawartości azotanów w liściach sałaty we wszystkich obiektach doświadczenia w porównaniu z kontrolą. Supersorbent zastosowany w kontenerowej uprawie truskawki w dawkach 1,8 oraz 3,6 g·dm<sup>-3</sup> podłoża spowodował istotny spadek zawartości miedzi, niklu i ołowiu w owocach, a w dawce 3,6 g·dm<sup>-3</sup> podłoża spadek zawartości cynku i ołowiu w liściach w porównaniu z kontrolą (Mikiciuk i Mikiciuk 2010). Dodatek supersorbentu do podłoża nie miał natomiast istotnego wpływu na zawartość żelaza, manganu i cynku w owocach oraz żelaza, manganu, miedzi i niklu w liściach truskawki.

## 7. Wnioski

1. Warunki pogodowe miały znaczący wpływ na wzrost i rozwój oraz wielkość i jakość plonu papryki 'Traviatta'. Największy plon ogółem owoców, o istotnie większej zawartości suchej masy, białka, potasu i najwyższej kwasowości zebrano w 2014 roku. Rośliny z tego roku charakteryzowały się również największą średnicą łodygi, masą części nadziemnej i systemu korzeniowego. Najkorzystniej na wysokość roślin oraz grubość perykarpu i gromadzenie w owocach żelaza, sodu i cynku wpłynęły warunki pogodowe w roku 2015. Warunki pogodowe w roku 2016 sprzyjały gromadzeniu cukrów ogółem i cukrów redukujących w owocach, a w 2015 i 2016 w gromadzeniu kwasu L-askorbinowego oraz potasu i wapnia.
2. Najwyższe rośliny uzyskano dzięki inokulacji systemu korzeniowego grzybami mikoryzowymi w czasie sadzenia rozsady. Na średnicę łodygi najkorzystniej wpłynęło inokulowanie roślin w czasie produkcji rozsady. Inokulacja zarówno podczas produkcji rozsady jak i podczas sadzenia roślin na miejsce stałe wpływała na istotny wzrost masy systemu korzeniowego papryki.
3. Dodatek do podłoża supersorbentu wpływał korzystnie na cechy biometryczne, masę części nadziemnych i masę systemu korzeniowego roślin jak również indeks zazielenienia liści.
4. Mikoryzacja, niezależnie od terminu jej przeprowadzenia, sprzyjała uzyskaniu istotnie wyższego plonu ogółem i handlowego owoców. Największe plony owoców zebrano z roślin, u których inokulację grzybami mikoryzowymi przeprowadzono w trakcie produkcji rozsady. Owoce zebrane z tych roślin, pomimo nieudowodnionych statystycznie różnic, były najwyższe i charakteryzowały się najgrubszym perykarpem.
5. Dodanie supersorbentu do podłoża uprawowego wpływało korzystnie na plonowanie papryki oraz cechy biometryczne owoców.
6. Zastosowanie grzybów mikoryzowych nie powodowało istotnych zmian w zawartości wybranych składników odżywczych i składników mineralnych

w owocach papryki. Pomimo braku istotnych różnic, nieco więcej cukrów ogółem, fosforu, potasu i cynku zawierały owoce zebrane z roślin mikoryzowanych w czasie produkcji rozsady. Owoce zebrane z roślin mikoryzowanych podczas sadzenia na miejsce stałe zawierały nieco więcej białka, cukrów ogółem, cukrów redukujących, kwasu L-askorbinowego i magnezu. W wyniku mikoryzacji roślin w owocach stwierdzono niewielki spadek zawartości suchej masy i całkowitej zawartości polifenoli.

7. Dodatek supersorbentu do podłoża istotnie zwiększył zawartość cukrów redukujących oraz fosforu, wapnia, żelaza, sodu, magnezu i cynku w owocach.
8. Nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku supersorbentu do podłoża na zawartość w owocach suchej masy, białka, kwasu L-askorbinowego, polifenoli i potasu w owocach oraz ich kwasowości. Należy jednak podkreślić, że nieco wyższymi zawartościami tych składników odżywczych charakteryzowały się owoce zebrane z roślin uprawianych w podłożu z dodatkiem supersorbentu.
9. Supersorbent dodany do podłoża uprawowego powodował spadek zawartości cukrów ogółem w porównaniu z uprawą bez supersorbentu.
10. Grzyby mikoryzowe oraz dodatek supersorbentu do podłoża stosowane w uprawie papryki korzystnie wpływają na wielkość i jakość plonu. Najkorzystniejsze efekty uzyskano stosując inokulację systemu korzeniowego papryki grzybami mikoryzowymi i uprawiając ją w podłożu z dodatkiem supersorbentu.

## 8. Piśmiennictwo

1. Abd El-Rehim H. A., Hegazy, E. A., Abd El-Mohdy H. L., 2004. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase plant performance. *Appl. Polym. Sci.*, 93: 1360-1371.
2. Azcon-Aguilar C., Barea J. M., 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-born plant pathogens - an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6: 457-464.
3. Babana A. H., Antoun H., 2006. Biological system for improving the availability of Tilemsi phosphate rock for wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation in Mail. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76: 285-295.
4. Bartnik C., 2008. Wpływ hydrożelu na przeżywalność siewek i sadzonek sosny pospolitej w warunkach suszy. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*. R. 10, 2(18): 329-338.
5. Bereś J., Kałędkowska M., 1990. Superabsorbenty. *Chemik*, 3: 61-65.
6. Bidartondo M. I., Duckett J. G., 2010. Conservative ecological and evolutionary patterns in liverwort-fungal symbioses. *Proceedings of the Royal Society*, B 277: 485-492.
7. Błaszowski J., 1991. Występowanie grzybów i mikoryz arbuskularnych (*Glomales*) oraz ich wpływ na wzrost roślin i reakcje na fungicydy. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rozprawy*, 140: 1-129.
8. Błaszowski J., 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*), Endogone, and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland. <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>.
9. Błaszowski J., 2004. Przeszłość, teraźniejszość i przyszłość klasyfikacji arbuskularnych grzybów mikoryzowych. *Kosmos*, 53: 17-24.
10. Boligłowa E., 2005. Ochrona ziemniaka przed chorobami i szkodnikami przy użyciu Efektywnych Mikroorganizmów (EM) z udziałem ziół. *Red. Nauk. Zbytek Z.*, Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. PIMR, Poznań: 165-170.

11. Borkowska B., 2004. Dlaczego mikoryza? Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa, <http://insad.pl>.
12. Borowy A., Kapłań M., Rulak M., 2015. The impact of mycorrhizal inoculation on the growth and yield of stake tomato under field cultivation. *Ann. UMCS Sec. EEE Hort.*, 23(2): 1-10.
13. Borowy A., Matela M., 2012. Effect mycorrhization on growth and yield of basil. *Ann. UMCS, Sec. EEE, Hort.*, 22(2): 12-22.
14. Bosiacki M., 2009. Hydrożele (superabsorbenty). *Działkowiec*, 6: s. 12.
15. Breś W., 2006. Wpływ hydrożelu Alcosorb AS 400 na stan odżywienia traw gazonowych. *Acta Agrophys.*, 7(4): 859-866.
16. Bucher M., 2007. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytol.*, 1: 11-26.
17. Candido V., Campanelli G., D'Addabbo T., Castronuovo D., Renco M., Camele I., 2013. Growth and yield promotion effect of artificial mycorrhization combined with different fertilizer rates on field-grown tomato. *Ital. J. Agron.*, 8(3): 168-174.
18. Cebula S., 2002. Papryka *Capsicum annuum* L. Red. Nauk. Pudelski T. Uprawa warzyw pod osłonami. PWRiL, Warszawa: 162-180.
19. Cebula S., 2010. Papryka - *Capsicum annuum* L. Red. Nauk. Knaflowski M. Uprawa warzyw w pomieszczeniach. PWRiL, Poznań: 295-323.
20. Ciereszko I., 2005. Czy można usprawnić pobieranie fosforanów przez rośliny? *Kosmos*, 54: 391-400.
21. Cordier C., Gianinazzi S., Gianinazzi-Pearson V., 1996. Colonization pattern of root tissues by *Photophthora nicotinae* var. *parasitica* related to reduced disease in mycorrhizal tomato. *Plant and Soil*, 185: 223-232.
22. Dahm H., Wrótniak-Drzewiecka W., Pauter A., 2010. Microbial biofertilizers in physical, chemical and biological processes in soils. Red. Nauk.: Szajdak L. W., Karabanow A. K., Wyd. Prodruk, Poznań: 537-547.
23. Dąbrowska G., 2014. Rola genów metalotionein i mikroorganizmów w reakcji rzepaku na działanie czynników stresowych. *Rośliny Oleiste - Oilseed Crops*, 35: 49-58.
24. Dąbrowska J., Lejcuś K., 2012. Charakterystyka wybranych właściwości superabsorbentów. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4(3): 59-68.

25. Dereń D., Szewczuk A., Gudarowska E., 2010. Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges. *J. Fruit Ornam. Plant Res.*, 18(2): 185-195.
26. Dobrzańska J., Dobrzański A., 2001. *Papryka pod szkłem i folią*. PWRiL, Warszawa.
27. Dodd J. C., Arias I., Koomen I., Hayman D. S., 1990. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. I. The effect of pre-cropping and inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. *Plant and Soil*, 122: 229-240.
28. Ebtsam M. M., Abdel-Kawi K. A., Khalil M. N. A., 2009. Efficiency of *Trichoderma viride* and *Bacillus subtilis* as biocontrol agents against *Fusarium solani* on tomato plants. *Egypt, J. Phytopathol.*, 37: 47-57.
29. Estarada-Luna A. A., Davies E.T., Egilla J. N., 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during ex vitro acclimatization and plant establishment. *Mycorrhiza*, 10: 1-8.
30. Faligowska A., Szukała J., 2011. Wpływ deszczowania, systemów uprawy roli i polimeru na plonowanie i wartość siewną nasion grochu. *Fragm. Agron.* 28, 1: 15-22.
31. Faligowska A., Szukała J., 2014. Wpływ polimeru organicznego na komponenty plonowania i plon nasion soi uprawnej. *Nauka Przyn. Technol.*, 8, 1(9): 1-6.
32. Fernando T. N., Aruggoda A. G. B., Disanayaka C. K., Kulathunge S., 2013. Effect of super water absorbent polymer and watering capacity on growth on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Engin. Tech. Open Univ. Sri Lanka*, 1(2): 1-14.
33. Fitter A. H., Heinemeyer A., Staddon P. L., 2000. The impact of elevated CO<sub>2</sub> and global climate change on arbuscular mycorrhizas: a mycocentric approach. *New Phytol.*, 147: 179-187.
34. Gajda A., Igras J., 2003. Określenie produkcyjnych i ekologicznych skutków stosowania preparatu EM-A w uprawie zbóż i rzepaku. IUNG, Zakład Żywnienia Roślin i Nawożenia, Puławy.
35. Giovanetti M., 2008. Structure, extent and functional significance of belowground arbuscular mycorrhizal networks. *Red. Nauk. Varma A., Mycorrhiza: Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Springer Verlag, Heidelberg: 59-72.

36. Głuszek S., Sas-Paszt L., Sumorok B., Derkowska E. 2008. Wpływ mikoryzy na wzrost i plonowanie roślin ogrodnich. Post. Nauk Rol., 6: 11-22.
37. Gnekow M. A., Marschner H., 1989. Role of VA-mycorrhiza in growth and mineral nutrition of apple (*Malus pumila* var. *domestica*) rootstock cuttings. Plant and Soil, 119: 285-293.
38. Gniazdowska A., Budnicka K., Krasuska U., 2013. Regulacja spoczynku i kiełkowania nasion – czynniki endogenne i oddziaływania środowiskowe. Różnorodność biologiczna – od komórki do ekosystemu. Rośliny i grzyby w zmieniających się warunkach środowiska. Red. Nauk. Ciereszko I., Bajguza A. PTB, Białystok: 25-38.
39. Golcz A., Bosiacki M., 2008. Reakcja tymianku właściwego (*Thymus vulgaris* L.) na wzrastające dawki azotu oraz zabieg szczepienia grzybami mikoryzowymi. J. Res. App. Agric. Engin. 53(3): 72-74.
40. Goltapeh M. E., Danesh Y. R., Prasad R., Varma A., 2008. Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know? Red. Nauk. W. Varma A., Mycorrhiza: Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. Springer Verlag, Heidelberg: 3-28.
41. Gosling P., Hodge P., Goodlass G., Bending G. D., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. Agric. Ecosyst. Environ., 113(1-4): 17-35.
42. Górecki R., Paul M., 1993. Superabsorbent w rolnictwie. Ogrodnictwo, 4: 12-13.
43. Górka W., 2003. Mikoryza w szkółkarstwie. Szkółkarstwo, 3: 44-45.
44. Grimoldi A. A., Kavanová M., Lattanzi F. A., Schäufele, Schnyder H., 2006. Arbuscular mycorrhizal colonization on carbon economy in perennial ryegrass: quantification by  $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$  steady-state labelling and gas exchange. New Phytol., 172: 544-553.
45. Gryndler M., Vosatka M., Hrselova H., Catska V., Chvatalova I., Jansa J., 2002. Effect of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria on growth and mineral nutrition of strawberry. J. Plant Nutr., 25(6): 1341-1358.
46. Gucwa-Przepióra E., 2012. Udział mikoryzy arbuskularnej w procesach fitoremediacji – mikoryzoremediacja. Wiad. Bot., 56: 5-19.
47. Gudarowska E., Szewczuk A., 2009. Wpływ nawadniania i agrożelu na jakość podkładki Pumiselect i jednorocznych drzewek dwóch odmian brzoskwini. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3: 119-128.

48. Hatano R., Lipiec J. 2004. Effects of land use and cultural practices on greenhouse gas fluxes in soil. *Acta Agroph.*, 111: 5-51.
49. Hause B., Fester T., 2005. Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Planta*, 221: 184-196.
50. Hawkins H. J., Johansen A., George E., 2000. Uptake and transport of organic and inorganic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 226: 275-285.
51. Hayat R., Ali S., 2004. Water absorption by synthetic polymer (Aquasorb) and its effect on soil properties and tomato yield. *Int. J. Agri. Biol.*, 6(6): 998-1002.
52. Hetman J., Martyn W., Szot P., 1998. Możliwość wykorzystania hydrożeli w produkcji ogrodniczej pod osłonami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 461: 31-45.
53. Hilszczańska D., 1997. Mikoryzy i ich rola w środowisku. *Sylvan*, 2: 59-64.
54. Howell C. R., 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87: 4-10.
55. Hutton B. J., Dixon K. W., Sivasithamparam K., 1994. Ericoid endophytes of Western Australian heaths (*Epacridaceae*). *New Phytol.*, 127: 557-566.
56. Iwaishi S., 2001. Effect of organic fertilizer and Effective Microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties. *J. Crop Product.* 3: 269-273.
57. Jabłońska-Ceglarek R., Cholewiński J., Wadas W., Franczuk J., Zaniewicz-Bajkowska A., 1999. Zastosowanie superabsorbentów w uprawie papryki pod osłonami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 466: 441-447.
58. Jankowski K., Czełusciński W., Jankowska J., Sosnowski J., 2011. Wpływ hydrożelu oraz różnych rodzajów nawozów na tempo odrostu runi trawników założonych na bazie życicy trwałej. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, 11, 2(34): 73-82.
59. Janos D. P., Schroeder M. S., Schaffer B., Crane J. H., 2001. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of *Litchi chinensis* Sonn. trees after propagation by air-layering. *Plant and Soil*, 233: 85-94.
60. Jansa J., Mozafar A., Anken T., Ruh R., Sanders I. R., Frossard E., 2002. Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. *Mycorrhiza*, 12: 225-234.
61. Jezdinský A., Petříková K., Pokluda R., 2013. The effect of agrisorb *Lactuca sativa* L. var. *Capitata* L. 'Major'. *Episteme*, 20(3): 477-483.



62. Joner E. J., Johansen A., 2000. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycol. Res.*, 104: 81-86.
63. Junping Zhang, An Li, Aiqin Wang, 2006. Synthesis and characterization of multifunctional poly(acrylic acid-co-acrylamide)/sodium humate superabsorbent composite. *Reactive and Functional Polymers*, 66: 747-756.
64. Kalitkiewicz A., Kępińska E., 2008. Wykorzystanie ryzobakterii do stymulacji wzrostu roślin. *Biotechnologia*, 2: 102-114.
65. Kliber A., Jugowar J. L., 2007. Mikoryzacja gleb w produkcji roślinnej ogranicza zanieczyszczenie środowiska. Emisja gazów cieplarnianych i amoniaki w rolnictwie. Red. Nauk. Czyż E. A., Jugowar J. L., Słowinski C. *Acta Agrophys.*, 124-134.
66. Koc G., Szarek S., 2011. Efektywność zastosowania wzrastających dawek hydrożelu w uprawie pieczarki dwuzarodnikowej *Agaricus bisporus* (Lange) sing. Imbach. *J. Agribusiness and Rural Development*, 4(22): 115-122.
67. Koide R. T., Mosse B., 2004. A history research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza*, 14: 145-163.
68. Koniarski M., Falkowski G., Matysiak B., 2009. Wpływ szczepionek mikoryzowych i kompostu na wzrost i rozwój *Acer platanoides* ‘Crimson sentry’ i *Rosa* ‘Folklore’ w krajobrazie miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 539: 321-331.
69. Koorneef M., Bentsink L., Hilhorst H., 2002. Seed dormancy and germination. *Plant Biol.*, 5: 33-36.
70. Kosicka D., Wolna-Maruwka A., Trzeciak M., 2015. Wpływ preparatów mikrobiologicznych na glebę oraz wzrost i rozwój roślin. *Kosmos*, 64: 327-335.
71. Kosterna E., Zaniewicz-Bajkowska A., Rosa R., Franczuk J., 2011. The effect of AgroHydroGel and irrigation on kohlrabi cv ‘Oasis F<sub>1</sub>’ yields. *Acta Sci. Pol., Horturum Cultus*, 10(3): 53-61.
72. Kosterna E., Zaniewicz-Bajkowska A., Rosa R., Franczuk J., 2012. Wpływ AgroHydroGelu na plonowanie i wybrane elementy wartości odżywczej trzech odmian kalarepy. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2(3): 17-30.
73. Kościak B., Kowalczyk-Juśko A., 1998. Zastosowanie żelu Aqua Terra jako dodatku do podłoża w uprawie tytoniu papierosowego jasnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 461: 227-238.

74. Kowalczyk S., Błaszczkowski J., 2005. Arbuskularne grzyby mikoryzowe gleb województwa lubuskiego. *Acta Agrobot.*, 58: 453-474.
75. Kranner I., Minibayeva F. V., Beckett R. P., Seal C. E., 2010. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. *New Phytol.*, 188: 655-673.
76. Księżniak A., Orlikowski L. B., Szałański W., Wróblewska B., 2013. Wpływ szczepionek mikoryzowych dla wrzosowatych na wzrost, rozwój i zdrowotność różanecznika odmiany 'Nova Zembla' oraz borówki amerykańskiej odmiany 'Bleucrop'. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 53(1): 190-195.
77. Kubiak J., 2008. Analiza efektywności mikoryzacji i nawożenia w uprawie kontenerowej sosny – *Pinus Nigra* nawozami o spowolnionym działaniu. *Inżynieria rolnicza*, 1: 217-222.
78. Kuchar L., Iwański S., 2011. Symulacja opadów atmosferycznych dla oceny potrzeb nawodnień roślin w perspektywie oczekiwanych zmian klimatycznych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (5): 7-18.
79. Lejcuś K., Orzeszyna H., Pawłowski A., Garlikowski D., 2007. Wykorzystanie supersorbentów w zabezpieczeniach przeciwoerozyjnych. *Melioracje wodne w kształtowaniu i ochronie środowiska. Inżynieria ekologiczna*, 18: 93-94.
80. Lejcuś K., Orzeszyna H., Pawłowski A., Garlikowski D., 2008. Wykorzystanie supersorbentów w zabezpieczeniach przeciwoerozyjnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9: 189-194.
81. Lekberg Y., Koide R. T., 2005. Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. *New Phytol.*, 168(1): 189-204.
82. Lentz R., Sojka R., Mackey B., 2002. Fate and Efficacy of Polyacrylamide Applied in Furrow Irrigation: Full-Advance and Continuous Treatments. *J. Environ. Qual.* 31: 661-670.
83. Lipa J. J., Pruszyński S., 2010. Stan wykorzystania metod biologicznych w ochronie roślin w Polsce i na świecie. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 50(3): 1034-1043.
84. Majchrzak B., Waleryś Z., Okorski A., 2005. Wykorzystanie efektywnych mikroorganizmów (EM) w biologicznej ochronie pszenżyta przed chorobami podsuszkowymi. *XLV Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin. Poznań*: 155-156.

85. Majkowska-Gadomska J., 2006. Wpływ wybranych sorbentów na wielkość i jakość plonu sałaty rzymskiej (*Lactuca sativa* L. var. *romana* Garst.). Fol. Hort. Supl., 2: 5-9.
86. Majkowska-Gadomska J., Dobrowolski A., Mikulewicz E., 2016. The effect of mycorrhizal inoculum on the leaf greenness index and yield of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) plants grown in a heated plastic tunnel. Acta Agroph., 23(2): 445-453.
87. Majkowska-Gadomska J., Wierzbicka B., 2005. Wpływ terminu uprawy i sorbentów na plon i zawartość wybranych składników pokarmowych w liściach sałaty. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo, 86, 515: 339-345.
88. Malisz G., Kałędkowska M., 1994. Krajowe superabsorbenty dla ogrodnictwa. Hasło Ogrodnicze, 9: 6-7.
89. Martins A., Casimiro A., Pais M., S., 1997. Influence of micorrhization on physiological parameters of micropropagated *Castanea sativa* Mill. plants. Micorrhiza, 7: 161-165.
90. Martyniuk S., 2010. Wytwarzanie preparatów mikrobiologicznych na przykładzie bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych. J. Res. Aplicat. Agricult. Eng., 55(4): 20-23.
91. Martyniuk S., 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. Post. Mikrobiol., 50: 321-328.
92. Martyniuk S., Księżak J., 2011. Ocena wpływu pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. Polish J. Agron.: 27-33.
93. Mastouri F., Björkman T., Harman G. E., 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathol., 100: 1213-1221.
94. Matysiak K., Adamczewski K., 2009. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin - kierunki badań w Polsce i na świecie. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 49(4): 1810-1816.
95. Michałojć Z., Jarosz. Z., Pitura K., Dzida K., 2015. Effect of mycorrhizal colonization and nutrient solutions concentration on the yielding and chemical composition of tomato grown in rockwool and straw medium. Acta Sci. Pol. Horturum Cultus, 14(6): 15-27.

96. Mikiciuk G., Mikiciuk M., 2010. Effect on polymer supersorbent added to medium on the content of mineral elements in strawberry leaves and fruit. *J. Elementol.*, 15(2): 313-319.
97. Morton J. B., Redecker D., 2001. Two families of *Glomales*, *Archaeosporaceae* and *Paraglomaceae*, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia*, 93: 181-195.
98. Newsham K. K., Fitter A. H., Watkinson A. R., 1995. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 407-411.
99. Norman J. R., Atkinson D., Hooker J. E., 1996. Arbuscular mycorrhizal fungal-induced alteration to root architecture in strawberry and induced resistance to the root pathogen *Phytophthora fragariae*. *Plant and Soil*, 185: 191-198.
100. Nowosielski O., 1996. Supersorbenty obniżają koszty. *Nowoczesne Rolnictwo*, 4: 44-45.
101. Okorski A., Majchrzak B., 2008. Grzyby zasiedlające nasiona grochu siewnego po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego EM 1. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 48: 1314-1318.
102. Orlikowski L., 2004. Mikoryzowanie roślin a rozwój fytoftorazy. Materiały Seminarium "Dlaczego mikoryza jest szansą sukcesu dla roślin ogrodniczych i leśnych?", Warszawa: 93-96.
103. Pachlewski R., 1993. Mikoryzacja sadzonek w szkółkach leśnych. *Postępy Techniki w Leśnictwie*. Warszawa, 53: 45-52.
104. Paluszek J., 2003. Kształtowanie syntetycznymi polimerami właściwości gleb erodowanych terenów lessowych. *Rozprawy naukowe AR w Lublinie* 277.
105. Patten C. L., Glick B. R., 2002. Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68: 3795-3801.
106. Pedroza-Sandoval A., Yáñez-Chávez L. G., Sánchez-Cohen I., Samaniego-Gaxiola J. A., Trejo-Calzada R., 2017. Hydrogel, biocompost and its effect on photosynthetic activity and production of forage maize (*Zea mays* L.) plants. *Acta Agron.*, 66(1): 63-68.

107. Penrose D. M., Glick B. R., 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiol. Plant.*, 118: 10-15.
108. Perrin R., 1990. Interaction between mycorrhizae and diseases caused by soil-borne fungi. *Soil Use Manage*, 6: 189-195.
109. Pfeffer P., Douds D., Becard G., Shachar-Hill Y., 1999. Carbon uptake and the metabolism and transport of lipids in an arbuscular mycorrhiza. *Plant Physiology*, 120: 587-598.
110. Powszechny Spis Rolny 2010. Uprawy ogrodnicze, GUS, Warszawa: 2012.
111. Pressel S., Bidartondo M. I., Ligrone R., Duckett J. G., 2010. Fungal symbioses in bryophytes: new insights in the twenty first century. *Phytotaxa* 9: 238-253.
112. Pruszyński S., Bartkowiak J., Pruszyński G., 2012. Integrowana ochrona roślin w zarysie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu: 5-8.
113. Qiangsheng W., Renxue X., 2006. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on leaf solution and root absorption areas of *Trifoliate orange* seedlings under water stress conditions. *Front. For. China*, 3: 312-317.
114. Radzka E., Koc G., Rak J., Jankowska J., 2007. Precipitation deficiency and distribution in Siedlce in 1971-2005. *Sci. Rev. Engin. Environmen. Sci., Ann. XVI*, 3(37): 33-38.
115. Rausch C., Bucher M., 2002. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. *Planta*, 216: 23-37.
116. Remy W., Taylor T. N., Hass H., Kerp H., 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizas. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 91: 11841-11843.
117. Rillig M. C., Mummey D. L., 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytol.*, 171: 41-53.
118. Sady W., Domagała I., 1994. Ekogel MI może być przydatny do zakładania trawników. *Ogrodnictwo*, 1: 26-29.
119. Sas L., Marschner H., Römhild V., Mercik S., 2003. Effect of nitrogen forms on growth and chemical changes in the rhizosphere of strawberry plants. *Acta Phys. Plant.*, 25(3): 241-247.
120. Sas-Paszt L., Malusd E., Grzyb Z., Rozpara E., Wawrzyńczak P., Rutkowski K. P., Zmarlicki K., Michalczuk B., Podlaska B., Nowak D., 2010. Środowiskowe

- i zdrowotne znaczenie ekologicznej produkcji owoców. Post. Nauk Rol., 1: 109-121.
121. Sas-Paszt L., Żurawicz E., 2004. The influence of nitrogen forms on root growth and pH changes in the rhizosphere of strawberry plants. Acta Hort., 649: 217-221.
  122. Sas-Paszt L., Żurawicz E., 2005. Studies of the rhizosphere of strawberry plants at the Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice, Poland. Int. J. of Fruit Sci., 5(1): 115-126.
  123. Schroeder M. S., Janos D. P., 2004. Phosphorus and intraspecific density alter plant responses to arbuscular mycorrhizas. Plant and Soil, 264: 335-348.
  124. Sélosse M. A., Baudoin E., Vandenkoornhuyse P., 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. C. R. Biol., 327(7): 639-648.
  125. Simard S. W., Durall D. M., 2004. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function and importance. Canadian Journal of Botany, 82(8): 1140-1165.
  126. Sinqueira M. F. B., Sudre C. P., Almeida L. H., Pegorerl A. P. R., Akiba F., 1993. Influence of Effective Microorganisms on seed germination and plantlet vigor of selected crops. Red. Nauk. Parr J. F., Hornick S. B., Simpson M. E. Proceedings of the Third Intern. Conf. on Nature Farming. Washington, DC, US Department of Agriculture: 22-45.
  127. Smith F.W., Mudge S.R., Rae A.L., Glassop D., 2003. Phosphate transport in plants. Plant and Soil, 248: 71-83.
  128. Smith S. E., Read D. J., 2008. Mycorrhizal symbiosis. London. Academic Press.
  129. Sojka R., Lentz R., Westermann D., 1998. Water and erosion management with multiple applications of polyacrylamide in furrow irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J., 62, 6: 1672-1680.
  130. Sroka P., 2004. Polimery – lekarstwem na suszę. Aura, 11: 5-7.
  131. Staddon P. L., Fitter A. H., Robinson D., 1999. Effects of mycorrhizal colonization and elevated atmospheric carbon dioxide on carbon fixation and below-ground carbon partitioning in *Plantago lanceolata*. J. Exp. Bot., 50, 335: 853-860.
  132. Stahl P. D., Christensen M., 1991. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: breath of endomycorrhizal tolerance. Mycol. Res., 95: 300-307.

133. Steward L. I., Hamel C., Hogue R., Moutoglis P., 2005. Response of strawberry to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi under very high soil phosphorus conditions. *Mycorrhiza*, 15: 612-619.
134. Stębowska A., Kosson R., Szczech M., Kowalska B., Smolińska U., Dyki B., 2014. Plonotwórcze efekty dogłębowej aplikacji *Trichoderma* sp. na nośniku organicznym w uprawie papryki pod osłonami. *Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. Mikroorganizmy w ochronie roślin i zagospodarowaniu odpadów organicznych*. Nieborów: 108.
135. Sulewska H., Ptaszyńska G., 2005. Reakcja kukurydzy uprawianej na ziarno na stosowanie preparatów mikrobiologicznych. *Pam. Puł.*, 140: 271-285.
136. Sylvia D. M., Alagely A. K., Chellemi D. O., Demchenko L. W., 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi influence tomato competition with bahiagrass. *Biol. Fertil. Soils*, 34: 448-452.
137. Szweykowska A. 1997. *Fizjologia Roślin*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 250 ss.
138. Śnioszek M., Płatkowski M., Stręk M., Mielczarek M., Telesiński A., Wróbel J., Biczak R., Pawłowska B., 2016. Wpływ supersorbentu polimerowego na wybrane parametry biochemiczne w glebie i siewkach pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 587: 41-49.
139. Talavera M., Itou K., Mizukubo T., 2001. Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato- *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: *Meloidogynidae*) and carrot- *Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: *Pratylenchidae*) pathosystems. *Appl. Entomol. Zool.*, 36(3): 387-392.
140. Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J., 2010. Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 50(4): 1650-1660.
141. Trętowski J., Wójcik A.R, 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSRP Siedlce, ss. 538.
142. Turnau K., Jurkiewicz A., Grzybowska B., 2002. Rola mikoryzy w bioremediacji terenów zanieczyszczonych. *Kosmos*, 51: 185-194.
143. Tylman I., Kowalczyk S., 2012. Receptory i szlaki sygnałowe regulujące syntezę brodawkową i mikoryzę arbuskularną. *Postępy Biologii Komórki*, 39(3): 429-458.
144. Vessey J. K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.

145. Wierzbicka B., Majkowska J., 2002. Wpływ hydrożeli na zawartość niektórych składników sałaty masłowej uprawianej w nieogrzanym tunelu foliowym. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 1(2): 59-68.
146. Wójcik M., 2000. Fitoremediacja - sposób oczyszczania środowiska. *Kosmos*, 49: 135-147.
147. Wu Q. S., Li G. H., Zou Y. N., 2011. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on grown and nutrient acquisition on peach (*Prunus persica* L. Batsch) seedlings. *J. Anim. Plant Sci.*, 21(4): 746-750.
148. Xavier I. J., Boyetchko S. M., 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulants and bioprotectants of crops. *App. Mycol. and Biotechnol. Vol. 2: Agriculture and Food Production.*: 311-340.
149. Yáñez-Chávez L. G., Pedroza-Sandoval A., Sánchez-Cohen I., Samaniego-Gaxiola J. A., 2014. Assessment of the Impact of Compost and Hydrogel as Soil Moisture Retainers on the Growth and Development of Forage Maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Environ. Sci.*, 3(4): 93-106.
150. Yazdani F., Allhdadi I., Akbari G. A., 2007. Impact of supersorbent polymer on yield and growth analyses of soybean (*Glicine max* L.) under drought stress condition. *Pak. J. Biol. Sci.*, 10(23): 4190-4196.
151. Zawieja J., Gadurowska E., Szewczuk A., 2015. Wpływ sposobu regulowania wilgotności gleby w młodym sadzie brzoskwiniowym na wybrane właściwości fizyczne gleby. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2(1): 245-256.

Źródła internetowe:

1. [www.mykoflor.pl](http://www.mykoflor.pl)
2. [www.rijkzwaan.pl](http://www.rijkzwaan.pl)



## Tabele

Tabela 1. Właściwości chemiczne podłoża uprawowego (średnio z lat 2014 – 2016).

pH w H <sub>2</sub> O	Zawartość składników przyswajalnych w mg·dm <sup>3</sup> podłoża						Zasolenie w g KCl·dm <sup>-3</sup>
	N – NO <sub>3</sub>	N – NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	
5,42	238	18	70	207	1016	158	1,91

Tabela 2. Średnie temperatury powietrza (°C) w okresie wegetacji papryki według Stacji Meteorologicznej w Siedlcach

Lata	Miesiące					Suma temp. w okresie wegetacji papryki
	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	
2014	13,7	15,1	20,5	17,8	13,7	80,8
2015	12,3	16,5	18,7	21,0	14,5	83,0
2016	14,6	18,1	19,0	17,9	14,4	84,0
Średnia wieloletnia 1990 – 2010	13,4	16,4	18,8	18,0	13,1	79,7

Tabela 3. Średnie usłonecznienia (godz.·doba<sup>-1</sup>) w okresie wegetacji papryki według Stacji Meteorologicznej w Siedlcach

Lata	Dekady	Miesiące				
		maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień
2014	I	7,8	8,7	10,6	8,4	8,6
	II	5,6	8,5	7,5	7,1	8,8
	III	8,4	6,9	9,9	6,2	4,6
Średnie usłonecznienie miesiąca		7,3	8,0	9,3	7,2	7,3
2015	I	7,1	11,1	11,3	12,7	4,9
	II	7,1	8,0	8,1	12,5	5,8
	III	5,0	8,2	9,2	9,2	6,0
Średnie usłonecznienie miesiąca		6,4	9,1	9,5	11,5	5,6
2016	I	10,3	10,5	8,2	8,1	9,0
	II	9,2	9,7	4,7	8,1	10,2
	III	11,0	9,1	7,2	9,4	5,1
Średnie usłonecznienie miesiąca		10,2	9,8	6,7	8,5	8,1
Średnia wieloletnia 1990 – 2010		8,4	8,7	8,7	8,0	5,2

Tabela 4. Suma usłonecznienia (godz.·mies.<sup>-1</sup>) w okresie wegetacji papryki według Stacji Meteorologicznej w Siedlcach

Lata	Miesiące				
	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień
2014	226,3	247,2	290,5	223,6	220,0
2015	207,3	281,4	295,1	353,8	166,6
2016	315,6	301,8	209,1	258,9	242,9
Średnia wieloletnia 1990 – 2010	261,0	259,9	268,2	248,3	157,0

Tabela 5. Wysokość roślin [cm]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	69,72 a	68,50 a	71,47 a	69,90 a	71,22 a	69,86 a	71,39 a	70,82 a	66,95 a	65,72 a	67,86 a	66,84 a	69,30 a	68,03 a	70,24 a	69,19 a	
Supersorbent	75,64 a	73,61 a	75,92 a	75,06 b	80,50 a	84,61 a	85,58 a	83,56 b	74,17 a	75,16 a	76,71 a	75,35 b	76,77 a	77,79 a	79,40 a	77,99 b	
Średnio	72,68 a	71,06 a	73,70 a	72,48 a	75,86 a	77,24 a	78,49 a	77,20 b	70,56 a	70,44 a	72,29 a	71,10 a	73,04 a	72,91 a	74,82 b	73,59	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 1,96;  
mikoryzy = 1,91;  
lata x mikoryza = n. i.;  
supersorbentu = 1,33;  
lata x supersorbent = 2,30;  
mikoryza x supersorbent = n. i.;  
lata x mikoryza x supersorbent = n. i.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsadę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 6. Średnica łodygi [mm]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	15,31 a	16,56 a	15,95 a	15,94 a	12,8 a	13,30 a	12,01 a	12,72 a	13,38 a	14,18 a	13,28 a	13,61 a	13,85 a	14,68 a	13,75 a	14,09 a	
Supersorbent	17,38 b	17,35 a	17,72 b	17,48 b	13,89 b	15,90 b	15,56 b	15,12 b	14,85 b	15,79 b	15,81 b	15,48 b	15,37 b	16,35 b	16,36 b	16,03 b	
Średnio	16,35 a	16,96 a	16,84 a	16,72 c	13,37 a	14,60 a	13,79 a	13,92 a	14,12 a	14,99 a	14,55 a	14,55 b	14,61 a	15,52 c	15,06 b	15,06	

NIR<sub>0,05</sub>dla:

lat = 0,41;

mikoryzy = 0,41;

lata x mikoryza = n. i.;

supersorbentu = 0,28;

lata x supersorbent = 0,48;

mikoryza x supersorbent = 0,48;

lata x mikoryza x supersorbent = 0,83.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 7. Masa części nadziemnej [g·rośl.<sup>-1</sup>]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	537,1 a	546,0 a	502,3 a	528,5 a	344,4 a	362,2 a	334,4 a	347,0 a	372,6 a	383,3 a	378,7 a	378,2 a	418,0 a	430,5 a	405,1 a	417,9 a	
Supersorbent	642,7 a	612,2 a	665,6 a	640,2 b	572,2 a	707,8 a	666,3 a	648,8 b	506,0 a	548,0 a	506,6 a	520,2 b	573,6 a	622,7 a	612,8 a	603,0 b	
Średnio	589,9 a	579,1 a	584,0 a	584,3 b	458,3 a	535,0 a	500,3 a	497,9 a	439,3 a	465,7 a	441,7 a	449,2 a	495,8 a	526,6 a	509,0 a	510,5	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 50,3; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 34,1; lata x supersorbent = 59,1; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 8. Masa systemu korzeniowego [g·rośl.<sup>-1</sup>]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	215,1 a	241,3 a	258,2 b	238,2 a	181,1 a	188,2 a	183,9 a	184,4 a	199,3 a	195,6 a	181,6 a	192,2 a	198,5 a	208,4 a	207,9 a	204,9 a	
Supersorbent	255,1 b	277,6 b	236,0 a	256,2 a	196,1 a	209,0 a	196,9 a	200,7 a	203,3 a	215,7 a	221,2 b	213,4 a	218,2 a	234,1 a	218,0 a	223,4 b	
Średnio	235,1 a	259,4 a	247,1 a	247,2 b	188,6 a	198,6 a	190,4 a	192,5 a	201,3 a	205,7 a	201,4 a	202,8 a	208,3 a	221,2 b	213,0 ab	214,2	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 11,7;  
mikoryzy = 11,7;  
lata x mikoryza = n. i.;  
supersorbentu = 7,9;  
lata x supersorbent = n. i.;  
mikoryza x supersorbent = n. i.;  
lata x mikoryza x supersorbent = 23,7

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 9. Indeks zazielenienia liści [SPAD]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla supersorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	49,23 a	50,08 a	50,23 a	49,85 a	54,96 a	53,86 a	56,11 a	54,98 a	51,59 a	51,16 a	51,39 a	51,38 a	51,93 a	51,70 a	52,58 a	52,07 a	
Supersorbent	49,31 a	50,49 a	49,61 a	49,80 a	54,53 a	53,96 a	55,49 a	54,66 a	56,10 a	54,99 a	55,68 a	55,59 b	53,31 a	53,15 a	53,59 a	53,35 b	
Średnio	49,25 a	50,29 a	49,92 a	49,82 a	54,75 a	53,91 a	55,80 a	54,82 b	53,85 a	53,08 a	53,54 a	53,49 b	52,62 a	52,43 a	53,09 a	52,71	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 1,71; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 1,16; lata x supersorbent = 2,01; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia



Tabela 10. Plon ogółem [g·m<sup>-2</sup>]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	2991,0 a	3504,7 a	3287,6 a	3261,1 a	2058,2 a	2314,4 a	2092,7 a	2155,1 a	2234,8 a	2463,8 a	2476,2 a	2391,6 a	2428,0 a	2761,0 a	2618,8 a	2602,6 a	
Supersorbent	4768,0 b	4743,3 b	4958,0 b	4823,1 b	2744,0 b	3098,7 b	3260,1 b	3034,3 b	2430,1 a	3358,1 b	2598,4 a	2795,5 b	3314,0 a	3733,4 a	3605,5 a	3551,0 b	
Średnio	3879,5 a	4124,0 b	4122,8 b	4042,1 b	2401,1 a	2706,6 b	2676,4 b	2594,7 a	2332,4 a	2911,0 c	2537,3 b	2593,6 a	2871,0 a	3247,2 b	3112,1 b	3076,7	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 144,7; mikoryzy = 144,7; lata x mikoryza = 238,1.; supersorbentu = 98,1; lata x supersorbent = 170,0; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = 294,4.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 11. Plon handlowy [g·m<sup>-2</sup>]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	2621,2 a	3456,9 a	3001,1 a	3026,4 a	1907,8 a	2214,7 a	1976,2 a	2032,9 a	2125,4 a	2437,1 a	2308,7 a	2290,4 a	2218,1 a	2702,9 a	2428,7 a	2449,9 a	
Supersorbent	4168,4 b	4387,6 b	4465,2 b	4340,4 b	2622,0 b	2928,0 b	3113,7 b	2887,9 b	2271,3 a	3170,9 b	2543,0 a	2661,7 b	3020,6 a	3495,5 a	3374,0 a	3296,7 b	
Średnio	3394,8 a	3922,2 b	3733,2 b	3683,4 b	2264,9 a	2571,3 b	2545,0 b	2469,4 a	2198,3 a	2804,0 c	2425,9 b	2476,1 a	2619,3 a	3099,2 c	2901,3 b	2873,3	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 121,3; mikoryzy = 121,3; lata x mikoryza = 210,2; supersorbentu = 82,4; lata x supersorbent = 142,6; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = 247,1.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 12. Wysokość owocu [cm]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla supersorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	5,33 a	5,28 a	5,27 a	5,29 a	5,95 a	5,93 a	5,63 a	5,84 a	6,03 a	6,59 a	6,30 a	6,30 a	5,77 a	5,93 a	5,73 a	5,81 a	
Supersorbent	5,73 b	5,80 b	5,71 b	5,75 b	6,70 b	7,47 b	7,03 b	7,07 b	6,15 a	6,69 a	6,61 b	6,48 b	6,19 b	6,65 b	6,45 b	6,43 b	
Średnio	5,53 a	5,54 a	5,49 a	5,52 a	6,32 a	6,70 b	6,33 a	6,46 b	6,09 a	6,64 b	6,45 b	6,40 b	6,11 a	6,17 a	6,09 a	6,12	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,14; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = 0,25; supersorbentu = 0,10; lata x supersorbent = 0,17; mikoryza x supersorbent = 0,17; lata x mikoryza x supersorbent = 0,29.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 13. Grubość perykarpu [mm]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla supersorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	6,06 a	6,39 a	6,27 a	6,24 a	6,38 a	6,66 b	6,26 a	6,43 a	5,00 b	5,06 a	5,21 a	5,09 a	5,81 a	6,04 a	5,91 a	5,92 a	
Supersorbent	6,70 b	6,37 a	6,46 b	6,51 b	6,94 b	6,32 a	6,68 b	6,65 b	4,80 a	5,29 b	5,23 a	5,11 a	6,15 b	5,99 a	6,12 b	6,09 b	
Średnio	6,38 a	6,38 a	6,37 a	6,38 b	6,66 b	6,49 a	6,47 a	6,54 c	4,90 a	5,18 b	5,22 b	5,10 a	5,98 a	6,02 a	6,02 a	6,01	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 0,10;  
mikoryzy = n. i.;  
lata x mikoryza = 0,17;  
supersorbentu = 0,07;  
lata x supersorbent = 0,11;  
mikoryza x supersorbent = 0,11;  
lata x mikoryza x supersorbent = 0,20.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 14. Zawartość suchej masy [%]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla Supersorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	7,23 a	6,84 a	6,67 a	6,91 a	6,77 a	6,12 a	6,25 a	6,38 a	6,30 a	6,29 a	6,29 a	6,45 a	6,77 b	6,42 a	6,40 a	6,53 a	
Supersorbent	6,53 a	6,95 a	7,23 b	6,90 a	6,67 a	6,43 b	6,36 a	6,49 a	6,55 a	6,77 b	6,85 b	6,56 a	6,58 a	6,72 b	6,81 b	6,70 a	
Średnio	6,88 a	6,90 a	6,95 a	6,91 b	6,72 b	6,28 a	6,31 a	6,44 a	6,43 a	6,53 a	6,57 a	6,51 a	6,68 a	6,56 a	6,61 a	6,62	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 0,13;  
mikoryzy = n. i.;  
lata x mikoryza = 0,22;  
supersorbentu = n. i.;  
lata x supersorbent = n. i.;  
mikoryza x supersorbent = 0,15;  
lata x mikoryza x supersorbent = 0,26.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 15. Zawartość białka [% św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	1,17 a	1,11 a	1,14 a	1,14 a	1,11 a	1,06 a	1,04 a	1,07 a	1,04 a	1,08 a	1,07 a	1,06 a	1,10 a	1,08 a	1,08 a	1,09 a	
Supersorbent	1,07 a	1,16 a	1,20 a	1,15 a	1,13 a	1,09 a	1,12 a	1,11 a	1,12 a	1,04 a	1,10 a	1,09 a	1,11 a	1,10 a	1,14 a	1,12 a	
Średnio	1,12 a	1,14 a	1,17 a	1,14 b	1,12 a	1,08 a	1,08 a	1,09 a	1,08 a	1,06 a	1,09 a	1,08 a	1,11 a	1,09 a	1,11 a	1,10	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,05; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = n. i.; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 16. Zawartość cukrów ogółem [% św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	3,25 a	3,28 a	3,25 a	3,26 a	3,38 a	3,64 b	3,61 a	3,54 a	3,72 b	3,44 a	3,69 b	3,62 a	3,45 a	3,45 a	3,52 a	3,47 b	
Supersorbent	3,24 a	3,23 a	3,28 a	3,25 a	3,48 a	3,48 a	3,51 a	3,49 a	3,50 a	3,61 b	3,54 a	3,55 a	3,41 a	3,44 a	3,43 a	3,43 a	
Średnio	3,25 a	3,26 a	3,27 a	3,26 a	3,43 a	3,56 b	3,56 b	3,52 b	3,62 a	3,53 a	3,62 a	3,59 c	3,43 a	3,45 a	3,48 a	3,45	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,06; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = 0,10; supersorbentu = 0,04; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = 0,12.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 17. Zawartość cukrów redukujących [% św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	2,39 a	2,41 a	2,42 a	2,41 a	2,39 a	2,40 a	2,39 a	2,39 a	2,42 a	2,40 a	2,48 a	2,43 a	2,40 a	2,40 a	2,43 a	2,41 a	
Supersorbent	2,41 a	2,41 a	2,44 a	2,42 a	2,48 a	2,45 a	2,44 a	2,46 a	2,48 a	2,56 a	2,54 a	2,53 a	2,46 a	2,47 a	2,47 a	2,47 b	
Średnio	2,40 a	2,41 a	2,43 a	2,41 a	2,44 a	2,43 a	2,42 a	2,43 a	2,45 a	2,48 a	2,51 a	2,48 b	2,43 a	2,44 a	2,45 a	2,45	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 0,05;  
mikoryzy = n. i.;  
lata x mikoryza = n. i.;  
supersorbentu = 0,04;  
lata x supersorbent = n. i.;  
mikoryza x supersorbent = n. i.;  
lata x mikoryza x supersorbent = n. i.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia



Tabela 18. Zawartość kwasu askorbinowego [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	114,49 a	120,13 a	122,51 a	119,04 a	123,28 a	126,17 a	118,89 a	122,78 a	126,40 a	120,89 a	125,93 a	124,41 a	122,08 a	122,40 a	122,44 a	122,08 a	
Supersorbent	118,76 a	120,49 a	119,99 a	119,75 a	121,01 a	122,19 a	125,87 b	123,02 a	122,38 a	126,37 a	124,63 a	124,46 a	120,72 a	123,02 a	123,50 a	122,41 a	
Średnio	116,63 a	120,31 a	121,25 a	119,40 a	122,15 a	124,18 a	122,38 a	122,91 b	124,39 a	123,63 a	125,28 a	124,43 b	121,05 a	122,71 a	122,97 a	122,25	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 3,27; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = n. i.; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = 6,66.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 19. Zawartość polifenoli [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	47,22 a	43,34 a	47,27 a	45,94 a	60,19 a	50,94 a	58,11 a	56,41 a	37,30 a	43,02 a	41,49 a	40,60 a	48,24 a	45,77 a	48,96 a	47,65 a	
Supersorbent	48,30 a	48,66 a	44,73 a	47,23 a	63,60 a	59,34 b	53,66 a	58,87 a	39,06 a	40,16 a	40,62 a	39,94 a	50,32 a	49,39 b	46,34 a	48,68 a	
Średnio	47,76 a	46,00 a	46,00 a	46,59 b	61,90 b	55,14 a	55,89 a	57,64 c	38,18 a	41,59 a	41,06 a	40,28 a	49,28 a	47,58 a	47,65 a	48,17	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 2,88; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = 4,99; supersorbentu = n. i.; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = 3,39; lata x mikoryza x supersorbent = 5,86.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 20. Kwasowość [ $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św. m.] w przeliczeniu na kwas cytrynowy

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	0,34 a	0,36 a	0,36 a	0,35 a	0,33 a	0,34 a	0,32 a	0,33 a	0,34 a	0,32 a	0,34 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a	0,34 a	0,34 a	
Supersorbent	0,35 a	0,36 a	0,36 a	0,36 a	0,32 a	0,33 a	0,34 b	0,33 a	0,33 a	0,34 b	0,33 a	0,33 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a	0,34 a	
Średnio	0,35 a	0,36 a	0,36 a	0,36 b	0,33 a	0,34 a	0,33 a	0,33 a	0,34 a	0,33 a	0,34 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a	0,34 a	0,34	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,01; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = n. i.; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = 0,02.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 21. Zawartość fosforu [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla supersorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	22,16 a	23,51 a	24,31 a	23,33 a	27,73 a	30,15 a	27,18 a	28,35 a	25,16 a	27,12 a	25,00 a	25,76 a	28,02 a	26,93 a	25,50 a	25,81 a	
Supersorbent	23,28 a	23,64 a	24,70 a	23,87 a	29,58 a	32,58 a	31,23 a	31,13 a	28,50 a	28,47 a	31,79 a	29,59 a	27,12 a	28,25 a	29,23 a	28,20 b	
Średnio	22,73 a	23,58 a	24,51 a	23,60 a	28,66 a	31,37 a	29,20 a	29,74 b	26,83 a	27,80 a	28,40 a	27,68 b	26,07 a	27,59 a	27,37 a	27,01	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 2,36; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 1,60; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 22. Zawartość potasu [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	230,48 a	228,69 a	226,78 a	228,65 a	193,26 a	202,00 a	178,58 a	191,28 a	181,83 a	189,43 a	175,09 a	182,12 a	201,86 a	206,71 a	193,48 a	200,68 a	
Supersorbent	233,47 a	224,93 a	237,03 a	231,81 a	203,75 a	226,1 a	215,19 a	215,02 a	172,15 a	186,66 a	204,7 a	187,86 a	203,13 a	212,57 a	219,00 a	211,56 a	
Średnio	231,98 a	226,81 a	231,91 a	230,23 b	198,51 a	214,06 a	196,89 a	203,15 a	176,99 a	188,05 a	189,9 a	184,99 a	202,49 a	209,64 a	206,24 a	206,12	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 18,20; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = n. i.; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 23. Zawartość wapnia [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	9,50 a	8,98 a	10,2 a	9,56 a	13,73 a	14,31 a	12,60 a	13,55 a	13,65 a	12,97 a	13,74 a	13,45 a	12,30 a	12,09 a	12,18 a	12,19 a	
Supersorbent	10,48 a	11,2 a	10,5 a	10,73 a	14,73 a	13,73 a	13,64 a	14,03 a	16,33 a	15,92 a	14,93 a	15,73 a	13,84 a	13,62 a	13,03 a	13,50 b	
Średnio	9,99 a	10,10 a	10,36 a	10,15 a	14,23 a	14,02 a	13,12 a	13,79 b	14,99 a	14,45 a	14,34 a	14,59 b	13,07 a	12,86 a	12,61 a	12,85	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 1,19; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 0,81; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 24. Zawartość żelaza [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	0,19 a	0,26 a	0,20 a	0,22 a	0,28 a	0,29 a	0,28 a	0,28 a	0,23 a	0,20 a	0,21 a	0,21 a	0,23 a	0,25 a	0,23 a	0,24 a	
Supersorbent	0,25 a	0,24 a	0,27 a	0,25 a	0,36 a	0,31 a	0,30 a	0,32 a	0,27 a	0,25 a	0,27 a	0,26 a	0,30 a	0,26 a	0,28 a	0,28 b	
Średnio	0,22 a	0,25 a	0,24 a	0,24 a	0,32 a	0,30 a	0,29 a	0,30 b	0,25 a	0,23 a	0,24 a	0,24 a	0,27 a	0,26 a	0,26 a	0,26	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,05; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; Supersorbentu = 0,04; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 25. Zawartość sodu [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	0,59 a	1,01 a	0,63 a	<b>0,74</b> <b>a</b>	1,26 a	1,29 a	1,28 a	<b>1,28</b> <b>a</b>	0,88 a	0,77 a	0,87 a	<b>0,84</b> <b>a</b>	<b>0,91</b> <b>a</b>	<b>1,02</b> <b>a</b>	<b>1,10</b> <b>a</b>	<b>0,95</b> <b>a</b>	
Supersorbent	1,37 a	1,24 a	1,15 a	<b>1,25</b> <b>a</b>	1,72 a	1,40 a	1,52 a	<b>1,55</b> <b>a</b>	1,17 a	1,05 a	1,14 a	<b>1,21</b> <b>a</b>	<b>1,42</b> <b>a</b>	<b>1,23</b> <b>a</b>	<b>1,10</b> <b>a</b>	<b>1,31</b> <b>b</b>	
Średnio	<b>0,98</b> <b>a</b>	<b>1,13</b> <b>a</b>	<b>0,89</b> <b>a</b>	<b>1,00</b> <b>a</b>	<b>1,49</b> <b>a</b>	<b>1,35</b> <b>a</b>	<b>1,40</b> <b>a</b>	<b>1,42</b> <b>b</b>	<b>1,03</b> <b>a</b>	<b>0,91</b> <b>a</b>	<b>1,01</b> <b>a</b>	<b>1,03</b> <b>ab</b>	<b>1,17</b> <b>a</b>	<b>1,13</b> <b>a</b>	<b>1,10</b> <b>a</b>	<b>1,13</b>	

NIR<sub>0,05</sub>dla:  
lat = 0,42;  
mikoryzy = n. i.;  
lata x mikoryza = n. i.;  
supersorbentu = 0,29;  
lata x supersorbent = n. i.;  
mikoryza x supersorbent = n. i.;  
lata x mikoryza x supersorbent = n. i.

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia



Tabela 26. Zawartość magnezu [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	9,72 a	10,48 a	10,30 a	10,17 a	9,44 a	10,37 a	10,31 a	10,04 a	9,55 a	10,17 a	10,06 a	9,92 a	9,57 a	10,34 a	10,22 a	10,04 a	
Supersorbent	10,45 a	10,94 a	11,17 a	10,85 a	11,10 a	10,88 a	11,55 a	11,18 a	10,47 a	11,02 a	11,74 a	11,08 a	10,67 a	10,95 a	11,49 a	11,03 b	
Średnio	10,09 a	10,71 a	10,74 a	10,51 a	10,27 a	10,63 a	10,93 a	10,61 a	10,01 a	10,60 a	10,90 a	10,50 a	10,12 a	10,65 a	10,86 a	10,55	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = n. i.; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 0,76; lata x supersorbent = n. i.; mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

Tabela 27. Zawartość cynku [mg·100 g<sup>-1</sup> św. m.]

Badane czynniki	2014				2015				2016				Średnio dla mikoryzy			Średnio dla super-sorbentu	
	Sposób zastosowania mikoryzy																
	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*	Średnio	0*	MpR*	MwC*		
Kontrola	0,22 a	0,23 a	0,24 a	0,23 a	0,32 a	0,36 a	0,36 a	0,35 a	0,27 a	0,28 a	0,26 a	0,27 a	0,27 a	0,29 a	0,29 a	0,28 a	
Supersorbent	0,26 a	0,27 a	0,31 a	0,28 a	0,32 a	0,40 a	0,33 a	0,35 a	0,31 a	0,31 a	0,36 a	0,33 a	0,30 a	0,32 a	0,33 a	0,32 b	
Średnio	0,24 a	0,25 a	0,28 a	0,26 a	0,32 a	0,38 a	0,35 a	0,35 c	0,29 a	0,30 a	0,31 a	0,30 b	0,28 a	0,31 a	0,31 a	0,30	
NIR <sub>0,05</sub> dla: lat = 0,04; mikoryzy = n. i.; lata x mikoryza = n. i.; supersorbentu = 0,03; lata x supersorbent = n. i.; Mikoryza x supersorbent = n. i.; lata x mikoryza x supersorbent = n. i.																	

0\* - kontrola bez mikoryzy, MpR\* - mikoryza pod rozsądę; MwC\* - mikoryza podczas sadzenia

# **Wpływ grzybów mikoryzowych i supersorbentów na wzrost i plonowanie papryki (*Capsicum annuum* L.)**

## **Streszczenie**

W związku z negatywnymi dla środowiska skutkami stosowania chemicznych preparatów w produkcji rolniczej coraz częściej propaguje się bezpieczniejsze, naturalne środki. Jedną z możliwości zastąpienia środków chemicznych jest stosowanie preparatów mikrobiologicznych będących ich naturalnymi zamiennikami. Są one produkowane z odpowiednio dobranych mikroorganizmów powszechnie występujących w środowisku naturalnym. Wśród poznanych i coraz szerzej stosowanych preparatów mikrobiologicznych są szczepionki zawierające grzyby mikoryzowe. Grzyby mikoryzowe zwiększają powierzchnię chłonną systemu korzeniowego dzięki temu wpływają na lepsze zaopatrzenie roślin w wodę i składniki pokarmowe. Najbardziej rozpowszechnionymi grzybami mikoryzowymi o kluczowym znaczeniu dla roślin są arbuskularne grzyby mikoryzowe. Jednym z głównych czynników ograniczających plon roślin jest okresowy niedobór wody w glebie. Wpływ na poprawę pojemności wodnej gleby mają supersorbenty. Związki te wiążą i magazynują wodę zwiększając jej dostępność dla roślin. W latach 2014 – 2016 na terenie ośrodka szklarniowego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu inokulacji systemu korzeniowego arbuskularni grzybami mikoryzowymi (AGM) i dodatku do podłoża uprawowego supersorbentu na wzrost i rozwój roślin, wielkość i jakość plonu oraz wybrane elementy wartości odżywczej owoców papryki słodkiej wieloowocowej odmiany 'Traviatta'. Stwierdzono, że zastosowanie mikoryzy w uprawie papryki zarówno w trakcie produkcji rozsady jak i podczas sadzenia jej do cylindrów, wpływało na wzrost plonu ogółem i handlowego owoców oraz średnicy łodygi. Najbardziej istotny wzrost plonu handlowego i średnicy łodygi stwierdzono u roślin inokulowanych w trakcie produkcji rozsady. Mikoryza zastosowana podczas produkcji rozsady wpłynęła na wzrost masy systemu korzeniowego, zastosowana podczas sadzenia rozsady do cylindrów powodowała wzrost wysokości roślin. Inokulowanie korzeni papryki grzybami mikoryzowymi nie miało istotnego wpływu na masę części nadziemnych i cechy

biometryczne owoców oraz na zawartość składników odżywczych i składników mineralnych w owocach. Dodatek supersorbentu do podłoża poprawiał warunki wzrostu papryki, oddziałując korzystnie na cechy biometryczne roślin i owoców oraz wielkość plonu. Supersorbent spowodował istotny wzrost cukrów redukujących i większości składników mineralnych w owocach. Kwasowość oraz zawartość suchej masy, białka, kwasu L-askorbinowego i potasu w owocach w uprawie z supersorbentem i bez supersorbentu były na zbliżonym poziomie. Dodatek supersorbentu powodował istotny spadek zawartość cukrów ogółem.

# **Effect of mycorrhizal fungi and supersorbents on the growth and yield of peppers (*Capsicum annuum* L.)**

## **Summary**

In therefore negative environmental effects of the use of chemical preparations in agricultural production increasingly promotes safe, more natural means. One of the options for replacing chemicals is the use of microbiological preparations which are their natural alternatives. They are produced with selected microorganisms commonly found in the wild. Among the known and more widely used for microbiological preparations are preparations containing mycorrhizal fungi. Mycorrhizal fungi increases the surface absorbent a root system, thus influence a better supply of water and plant nutrients. The most prevalent mycorrhizal fungi essential for plants are arbuscular mycorrhizal fungi. One of the main factors restrictive yield of plants is a periodic deficiency of water in the soil. A favorable effect to water capacity of the soil to has a supersorbent. These compounds bind and store the water increasing its availability for the plants.

In the years 2014-2016 in greenhouse complex at the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce have been study out, whose aim was to determine the effect of inoculation the root system arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and additive supersorbent to the substrate on the growth and development of plants, the size and quality of the yield and the content of selected elements of nutritional value of fruits of sweet large fruited peppers cultivar 'Traviatta'. It was found that the use of mycorrhiza in the cultivation of sweet peppers both under seedlings and during planting seedlings into the cylinders, effect on the increase total and marketable yield fruit and stem diameter. The most significant increase in marketable yield and stem diameter it was found in plants inoculated during the production of seedlings. Mycorrhiza applied during production of seedlings affected the growth the weight of root system, but applied during planting seedling cause increase in plant height. Inoculation of roots system of the plants of mycorrhizal fungi had no significant effect on the weight of aerial parts and biometric features of fruit and content of nutrients and minerals in fruits. The addition of the superabsorbent to the substrate improved growth conditions sweet peppers, positively influence the biometric features and

size and quality of the yield. Supersorbent has caused a significant increase in reducing sugars and most minerals in fruits. The acidity and the content of dry matter, protein, L-Ascorbic acid and potassium in the fruit in cultivation of supersorbent and without supersorbent were on the same level. Add in supersorbent caused a significant decrease in the content of total sugars.